



**Facultad de Ingeniería.**  
**Carrera de Ingeniería Industrial**

# Tesis para optar por el título de Ingeniero Industrial.

Título: “Diseño curricular de la asignatura “Organización de procesos y puestos de trabajo” para la modalidad presencial, siguiendo el modelo pedagógico de Aula Invertida”

**Autor:**

Gabriel Jiménez Fuentes.

**Tutores:**

Ing. Annette Villa Sánchez.

M.Sc. Mario Alberto Curbelo Hernández.

**Cienfuegos**

Diciembre del 2022.

**Resumen:**

El presente trabajo de diploma en opción al título de Ingeniero Industrial, titulado "Diseño curricular de la asignatura "Organización de procesos y puestos de trabajo" para la modalidad presencial, siguiendo el modelo pedagógico de Aula Invertida", se ha desarrollado en el segundo año de la carrera Ingeniería Industrial de la Universidad de Cienfuegos en el marco del perfeccionamiento y evolución de los planes de estudios E. El objetivo general radica en el diseño curricular de la asignatura con la utilización del modelo pedagógico de aula invertida, en un ambiente virtual, que propicie el mejoramiento continuo del desempeño académico y los modos de actuación profesional.

Para el cumplimiento del objetivo trazado se ha realizado una investigación, sobre las tendencias de la Educación Superior en el mundo y la aplicación de esta nueva metodología de aula invertida. Para ello el marco teórico referencial hace una caracterización del proceso docente educativo, define las bases conceptuales para diseño del Plan E, presenta una caracterización de los procesos cognitivos básicos en el proceso de enseñanza, y la definición y caracterización del modelo pedagógico de Aula Invertida.

Se elabora el programa analítico de la asignatura y el plan calendario para la modalidad presencial. Se proyectan las guías del profesor, que incluyen toda la tipología de clases que contiene el programa citado (conferencia, clase práctica, laboratorio, seminarios y talleres) como uno de los elementos esenciales a desarrollar en la conducción del proceso de enseñanza aprendizaje en este modelo pedagógico.

Para el diseño de la guía del profesor y la creación del ambiente virtual de la asignatura, se ha realizado una amplia búsqueda, para encontrar todos los recursos necesarios para que se pueda desarrollar con éxito el proceso de enseñanza aprendizaje en las nuevas condiciones.

Se entrega como resultado del trabajo el programa analítico, el plan calendario, las guías del profesor y la creación del ambiente virtual en la plataforma Moodle.

**Palabras claves:**

Aula Invertida, Modelo pedagógico, diseño curricular, Ambiente virtual.

**Summary:**

The present work of diploma in option to the title of Industrial Engineer, titled "Curricular design of the subject "Organization of processes and jobs" for the face-to-face modality, following the pedagogical model of Inverted Classroom", has been developed in the second year of the Industrial Engineering career of the University of Cienfuegos within the framework of the improvement and evolution of the E study plans. The general objective lies in the curricular design of the subject with the use of the flipped classroom pedagogical model, in a virtual environment, that promotes the continuous improvement of academic performance and modes of professional action. In order to fulfill the established objective, an investigation has been carried out on the trends of Higher Education in the world and the application of this new flipped classroom methodology. For this, the referential theoretical framework characterizes the educational teaching process, defines the conceptual bases for the design of Plan E, presents a characterization of the basic cognitive processes in the teaching process, and the definition and characterization of the Flipped Classroom pedagogical model. The analytical program of the subject and the calendar plan for the face-to-face modality are prepared. The teacher's guides are projected, which include all the types of classes contained in the aforementioned program (conference, practical class, laboratory, seminars and workshops) as one of the essential elements to be developed in conducting the teaching-learning process in this model. pedagogical. For the design of the teacher's guide and the creation of the virtual environment of the subject, an extensive search was carried out to find all the necessary resources so that the teaching-learning process can be successfully developed in the new conditions. As a result of the work, the analytical program, the calendar plan, the teacher's guides and the creation of the virtual environment on the Moodle platform are delivered.

**Keywords:**

Flipped classroom, pedagogical model, curricular design, virtual environment.

## *Dedicatoria:*

*A mi familia que me han apoyado incondicionalmente no solo en el logro de esta meta tan importante; la cual hoy les dedico, sino por todos los momentos de mi vida, por haber tenido ese amor y comprensión que los caracteriza, son la razón de mi ser, los amo a todos.*

## *Agradecimientos:*

*Agradezco a Dios y a la vida, por la familia que me ha dado, por todas las cosas buenas que ha puesto en mi camino, por darme paciencia cuando la perdía y todo parecía un desastre.*

*A mi mamá **Marianela** que me ha ayudado en todos los momentos a lo largo de estos años y me ha servido de pedestal para apoyarme, y seguir mi camino en los instantes más difíciles, dándome esa dedicación y entrega total hacia mí, por ser mi guía cuando no sabía por dónde ir, te quiero.*

*A mi **papá Eloy** quien fue el motor impulsor para este sueño que hoy se hace realidad, mi inspiración y ejemplo, siempre confiando en mí y dándome hasta la última gota de entrega para este logro que tanto deseamos ambos, por aconsejarme una y otra vez sin cansarte, te quiero.*

*A mi tía **Nery** que a pesar de que no vivimos juntos nunca sentí esa distancia, siempre brindándome tu amor y ayuda.*

*A mis abuelas y mi abuelo ..... en este mundo no existe las palabras que puedan describir mi cariño y agradecimiento, ustedes son un elemento esencial de mi vida, por ser los más justos, cariños, incondicionales, pacientes y extraordinarios, definitivamente por ustedes es que hoy me encuentro aquí. Muchísimas gracias por toda su ayuda y amor.*

*A mi tutora **Anette** que no tengo palabras para agradecerle todo lo que ha hecho por mí, gracias por su guía y su apoyo durante todo este tiempo.*

*A mi tutor y amigo **Mario Cúberlo** te expreso mi eterno agradecimiento por tus valiosos consejos, gracias por brindarme tu confianza, por ser mi mentor, por emplear tus conocimientos y dedicación durante estos años que has sabido guiarme en el camino al éxito.*

*A **Quírenia** por el tiempo dedicado.*

*A mis amigos del aula: **Magdiel, Milena, Juan Carlos, Norma y Yuslieni**, les agradezco por estar incondicionalmente sin importar el lugar, la hora o el*

*momento, por compartir conmigo parte de su vida y permitirme formar parte de ella, por los momentos divertidos que vivimos y por los momentos estresantes en los exámenes que entre risas sobrellavábamos, por todos estos años que hemos compartido juntos y que nunca borraré de la memoria. A todos los quiero mucho.*

*A todos **mís compañeros de clases y profesores** por estar siempre presentes.*

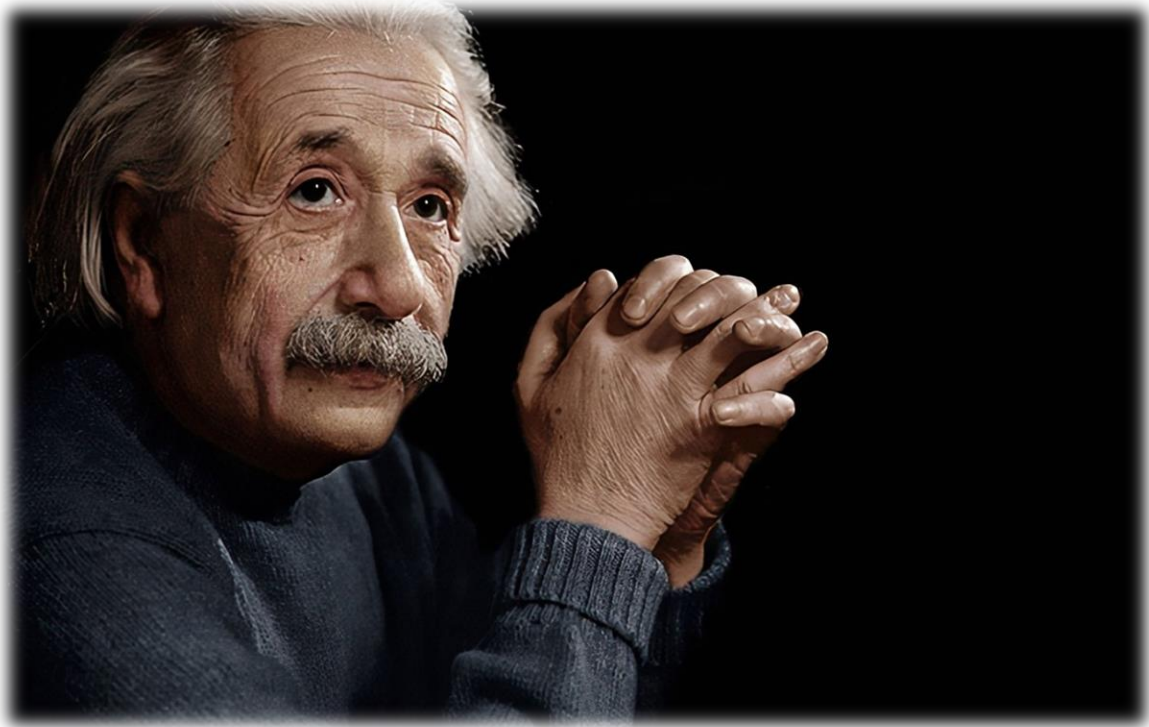
*A **todos en general** ..... Muchísimas gracias por toda su ayuda y amor.*

***Gabriel.***

*Pensamiento:*

*“Aquellos que tienen el privilegio de saber, tienen la obligación de actuar.”*

*Albert Einstein.*



## Índice:

|                                                                                                                                                       |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Introducción.....</b>                                                                                                                              | <b>9</b>  |
| <b>Capítulo I: Estudio del estado del arte sobre el modelo pedagógico de "Aula Invertida". .....</b>                                                  | <b>15</b> |
| 1.1. Antecedentes.....                                                                                                                                | 15        |
| 1.1.1. Caracterización de la situación actual. ....                                                                                                   | 16        |
| 1.1.2. Bases conceptuales para el diseño de los Planes de estudio "E". ....                                                                           | 19        |
| 1.2. Los procesos cognitivos y sus bases conceptuales.....                                                                                            | 20        |
| 1.3. El Aula invertida como modelo pedagógico actual. ....                                                                                            | 23        |
| 1.4. Referentes teórico-metodológicos del aula invertida. ....                                                                                        | 27        |
| 1.5. Modelo de aula invertida. ....                                                                                                                   | 31        |
| 1.5.1. Ventajas y desventajas del modelo de aula invertida. ....                                                                                      | 32        |
| 1.6. Estrategia para la implementación del modelo de aula invertida .....                                                                             | 33        |
| 1.7. Roles dentro de la tipología de Aula Invertida. ....                                                                                             | 39        |
| Conclusiones parciales del Capítulo I: .....                                                                                                          | 42        |
| <b>Capítulo II: Derivación del diseño curricular de la carrera y análisis de la disciplina "Organización de procesos y puestos de trabajo". .....</b> | <b>43</b> |
| 2.1. Problema profesional del Ingeniero Industrial y su derivación en la disciplina Ingeniería Del Factor Humano en el plan "E". ....                 | 43        |
| 2.1.1. Problema que resuelve la disciplina Ingeniería del Factor Humano. ....                                                                         | 44        |
| 2.1.2. Estructuración de la disciplina para el plan E.....                                                                                            | 45        |
| 2.1.2.1. Habilidades a desarrollar en actividades prácticas en la asignatura: Organización de procesos y puestos. ....                                | 47        |
| 2.2. Programa de la asignatura "Organización de procesos y puestos de trabajo." .....                                                                 | 52        |
| 2.2.1. Datos generales de la disciplina y asignatura. ....                                                                                            | 52        |
| 2.3. Plan calendario de la asignatura "Organización de procesos y puestos".....                                                                       | 60        |
| Conclusiones parciales del capítulo II: .....                                                                                                         | 64        |
| <b>Capítulo III: Diseño metodológico de la asignatura "Organización de procesos y puestos de trabajo". .....</b>                                      | <b>65</b> |
| Conclusiones parciales del capítulo III. ....                                                                                                         | 378       |
| Conclusiones generales:.....                                                                                                                          | 379       |
| Recomendaciones: .....                                                                                                                                | 380       |
| Bibliografía:.....                                                                                                                                    | 381       |
| Anexo: .....                                                                                                                                          | 390       |



## **Introducción.**

La Universidad tiene encargos sociales que cumplir para alcanzar el mejoramiento de la sociedad donde se inserta. Es un motor de gestión del conocimiento por excelencia y un eslabón clave dentro de la sociedad de la información y el conocimiento. Las Universidades de hoy tienen que cumplir con su función social, a pesar de las condicionantes internacionales y garantizar el desarrollo progresivo de las naciones.

La educación superior en América Latina y el Caribe y las políticas públicas destacan el incremento del nivel educativo para satisfacer una economía que apuesta por la diversificación productiva y la innovación en un entorno propicio que asegure una mejor educación y competencias laborales más adecuadas (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2015).

Actualmente presenta entre sus objetivos, garantizar una educación inclusiva, equitativa y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos. (Comisión Económica para América Latina y el Caribe, 2018).

Se resalta que las Instituciones de Educación Superior (IES) de América Latina y el Caribe deben formar profesionales capaces de analizar y solucionar problemas de su contexto y de la sociedad, a partir de la renovación de los métodos de enseñanza aprendizaje.

Cabe señalar que existen notables diferencias entre los países desarrollados y los subdesarrollados, entre los países que se benefician de la información y de los que casi no la reciben, ante todo debido a las profundas inequidades existentes.

A pesar de estas realidades todos los gobiernos están en el deber de dotar a sus pueblos de las capacidades intelectuales que les permitan vencer los desafíos de la sociedad en que viven y alcanzar un desarrollo sostenible, lo cual solo es posible con un sólido sistema educacional y una elevada equidad social.

En el mundo los ingenieros investigan, desarrollan, construyen, producen, operan, mantienen e innovan en las diferentes esferas de la actividad industrial y de servicios y durante su actuación se han generado problemáticas, para las cuales no fueron preparados en su formación. Esto conlleva a adoptar nuevos enfoques en la enseñanza.

El estudiante de ingeniería debe interesarse en ¿el cómo se hacen las cosas?, ¿por qué las hace?, ¿para qué las hace? y ¿para quién las hace? Por esta razón los programas de formación de ingenieros deben considerar a la sociedad como núcleo de su interés. (Cabezas et al., 2012).

Los países más pobres entre los que se encuentra Cuba deben buscar formas sustentables para lograr estos altos propósitos. Esta tesis de grado se inserta en las más recientes

transformaciones educativas que se ejecutan en la Educación Superior Cubana, como la implementación del nuevo plan de estudio “E” con el objetivo de elevar el acceso y la equidad en el tercer nivel de enseñanza e incorporar aún más la participación de los estudiantes de manera más directa en el proceso aprendizaje, basado en los logros acumulados en materia de educación en todos los años de revolución y realiza una mirada más profunda a las prácticas en los distintos modelos en la Educación Superior a nivel internacional.

Con relación al aspecto económico social, la provincia de Cienfuegos se encuentra en un proceso de reactivación de la mayoría de sus procesos de producción y servicios, los cuales se vieron afectadas por la crisis económica producto a los efectos de la crisis sanitaria producida por la covid-19.

Esta situación agrega un nuevo reto a la educación superior, relacionado con el fortalecimiento de los procesos de formación de profesionales que se inclinen a estas áreas del conocimiento.

Debido a todos los cambios que vienen produciéndose en la actualidad se evidencia cómo el país necesita de especialistas con mayor preparación, que enfrenten los retos que vive hoy la sociedad, que se tracen metas correspondientes a alcanzar un mayor desarrollo de la nación y sobre todo que estén actualizados con las nuevas tendencias internacionales.

La investigación incursiona en los métodos más adecuados que permiten superar el dominio cognitivo de los contenidos, facilitando el acceso a nuevos planteamientos pedagógicos y didácticos, para propiciar la adquisición de conocimientos, habilidades y valores, fomentar la comunicación, la capacidad de análisis crítico, la reflexión independiente y el trabajo en equipo en variedad de contextos, en los que se exige combinar el saber teórico y práctico.

Uno de los modelos pedagógicos que da respuesta a las exigencias cognitivas en la educación superior, es el modelo de aula invertida y este se presenta como una alternativa pedagógica, ya que es una opción entre dos o más variantes con la que cuenta el profesor para dirigir la formación y el desarrollo de la personalidad de los sujetos de la educación.

Su esencia se concibe mediante el proceso de aprender a aprender entendida como la capacidad de reflexionar en la forma en que se aprende y en consecuencia se autorregula el propio proceso de aprendizaje mediante el uso de estrategias flexibles y apropiadas que se pueden transferir y adaptar a nuevas situaciones. El aula invertida es una metodología en la que la instrucción directa se hace efectiva y eficiente cuando se realiza de manera individual. (Ventosilla Sosa et al., 2021)

El profesor universitario ante los retos actuales se debe convertir, en un estimulador de situaciones de aprendizaje, que enseñen al estudiante a establecer la correspondencia entre sus vivencias y el contenido de su actividad cognoscitiva, como también orientar, dirigir y regular sus formas y modos de actuación, recurriendo a diversas técnicas y métodos participativos.

Para lograr esto en las universidades, a través de sus procesos de formación, necesitan desarrollar currículos abiertos, de perfil amplio y flexible donde predominen aprendizajes novedosos e innovativos, con el objetivo de contribuir a la preparación de profesionales actualizados, creativos y portadores, no solo de conocimientos, sino de habilidades y capacidades para tomar decisiones y asumir responsabilidades sociales, elementos que permiten desarrollar un profesional competente, capaz de interactuar y dar respuesta a problemas económicos, medioambientales y de desarrollo científico tecnológico, enfrentados por la sociedad contemporánea.

La carrera de Ingeniería Industrial en Cuba, tiene la intención de formar habilidades en los estudiantes con el fin de identificar, analizar, diseñar y mejorar procesos de producción o de servicios, que contribuyan al cumplimiento de las exigencias profesionales y de la sociedad.

El proceso de enseñanza aprendizaje en las disciplinas del ejercicio de la profesión, demanda que los estudiantes contribuyan a la solución de casos generados en un contexto laboral real de manera creadora, interactúen a través del trabajo en equipo y fomenten la cooperación y el intercambio de ideas, para que aprendan unos de otros; así como de su profesor y del entorno.

En la Universidad de Cienfuegos, las investigaciones realizadas por Capote, Gómez y Hernández (2011); Capote, Rizo y Bravo (2016); Capote (2017) y Rodríguez (2018), relacionados con el proceso de enseñanza aprendizaje en las carreras de Ingeniería, destacan que, en particular, en la de Ingeniería Industrial existen limitaciones con respecto a:

- ✓ Trabajar en equipo.
- ✓ Obtener experiencias del contexto laboral.
- ✓ Adquirir habilidades de análisis y solución de problemas.
- ✓ Fomentar la creatividad y capacidad de innovación.
- ✓ Utilizar métodos, medios y formas organizativas que dinamicen el proceso de enseñanza aprendizaje.

- ✓ Emplear distintos tipos de evaluación que propicien la participación de los estudiantes.

De los resultados de las investigaciones realizadas en la Universidad de Cienfuegos, se infiere la necesidad de utilizar métodos, medios, formas organizativas y evaluación en el proceso de enseñanza aprendizaje de las disciplinas en la carrera Ingeniería Industrial, que favorezcan un mayor desarrollo de la actividad cognoscitiva, el estímulo al pensamiento creador y a la participación activa de los estudiantes en la solución de los problemas que se presentan en el contexto laboral.

En los seminarios y clases prácticas en el aula, debe emplearse el trabajo en grupo en la solución de casos que vinculen los contenidos de las asignaturas, sin embargo, esas formas organizativas están limitando hoy el cumplimiento de los objetivos educativos, dado que los métodos actuales no favorecen la comunicación de ideas, la actividad creadora y la independencia cognoscitiva de los estudiantes que garanticen un aprendizaje más activo.

#### **Resumen de la situación problemática:**

A partir de los aspectos mencionados anteriormente, se resume como situación problemática de la tesis de grado lo siguiente:

Asociado a los aspectos económico - sociales del país y la provincia:

- ✓ Se incrementa la masificación de la educación superior, como política del país hacia el derecho pleno de todos los ciudadanos a la enseñanza.
- ✓ El incremento de las matrículas por este concepto.
- ✓ Las políticas del partido y el gobierno, concretadas en lineamientos, especialmente los encaminados hacia el perfeccionamiento de la gestión empresarial.
- ✓ El desarrollo de nuevas formas de gestión empresarial.
- ✓ La influencia que ejerce la tarea de ordenamiento desde el año 2021, sobre los procesos formativos.
- ✓ Las políticas gubernamentales encaminadas a fortalecer la integración de las universidades con todas las formas de gestión.
- ✓ La necesidad del incremento de la eficiencia empresarial, como palanca principal de desarrollo, dada la escasez de recursos.

Asociados a los aspectos metodológicos:

- ✓ La flexibilidad que brindan los planes de estudios "E", específicamente en las carreras de ingeniería.
- ✓ La reducción del tiempo de realización de las carreras universitarias.

- ✓ La necesidad de lograr modos de actuación acorde con las necesidades cada vez más dinámicas, del entorno empresarial.
- ✓ Las posibilidades que brindan las políticas de gobierno en torno a la informatización de la sociedad.
- ✓ La existencia en la UCf de las tres modalidades de estudio en la carrera de Ingeniería Industrial (presencial, semipresencial y a distancia).
- ✓ La necesidad de encaminar el proceso de enseñanza de las carreras, hacia las tendencias pedagógicas internacionales.

La situación problemática descrita, conduce a la formulación del siguiente problema de investigación:

¿Qué efectos provocará en el desempeño académico y los modos de actuación profesional de los ingenieros industriales, el diseño curricular de la asignatura “Organización de procesos y puestos”, basado en el auto aprendizaje del alumno?

**Objeto de Estudio:**

El proceso de enseñanza - aprendizaje en la disciplina Ingeniería del Factor Humano.

**Campo de acción:**

La activación del proceso de enseñanza - aprendizaje.

**Objetivo general de la investigación:**

Realizar el diseño curricular de la asignatura “**Organización de procesos y puestos de trabajo**”, utilizando el modelo pedagógico de aula invertida, en un ambiente virtual, que propicie el mejoramiento continuo del desempeño académico y los modos de actuación profesional.

**Objetivos específicos:**

1. Realizar una investigación del estado del arte y la práctica con relación a los procesos cognitivos en la enseñanza superior y los fundamentos y aplicación del modelo pedagógico de aula invertida.
2. Realizar una derivación del diseño curricular de la carrera hasta el nivel de asignatura, de acuerdo con los requisitos del modelo del profesional.
3. Desarrollar el diseño del programa, plan calendario de la asignatura y la preparación metodológica de la guía del profesor, en todas las actividades planificadas.
4. Crear un ambiente virtual en la plataforma Moodle, para el estudio de la asignatura.

**Justificación de la investigación:**

- ✓ Desde el punto de vista metodológico se aplica un enfoque novedoso en el diseño a nivel de asignatura, en el que los roles del profesor y estudiantes cambian. Se

introducen actividades propias de todas las tipologías de clases y se logra desde el diseño, la activación del proceso y la autorregulación del aprendizaje.

- ✓ En la práctica se resuelve una limitación del proceso docente educativo, referido a la inexistencia en la plataforma virtual de la asignatura para que los estudiantes y profesores de la carrera puedan acceder a esta información.

La tesis se estructura en un resumen, introducción, tres capítulos, conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos.

En el primer capítulo se realiza un marco teórico referencial sobre la caracterización del proceso docente educativo, se definen las bases conceptuales para diseño del Plan E, la caracterización de los procesos cognitivos básicos en el proceso de enseñanza, y la definición y caracterización del modelo pedagógico de Aula Invertida.

En el segundo capítulo se desarrolla una caracterización de la carrera de Ingeniería Industrial para el plan “E”, en lo referente al problema profesional general que desarrolla y su derivación en la disciplina de Ingeniería del Factor Humano.

En el tercer capítulo se desarrolla la estructuración y diseño de la guía metodológica para el profesor y el montaje de la asignatura en la plataforma virtual.

## Capítulo I: Estudio del estado del arte sobre el modelo pedagógico de "Aula Invertida".

En este capítulo se desarrolla un marco teórico sobre las bases conceptuales del modelo pedagógico de aulas invertidas, conforme a lo que se muestra en el hilo conductor de la figura 1.1.

### *Hilo conductor del marco teórico*

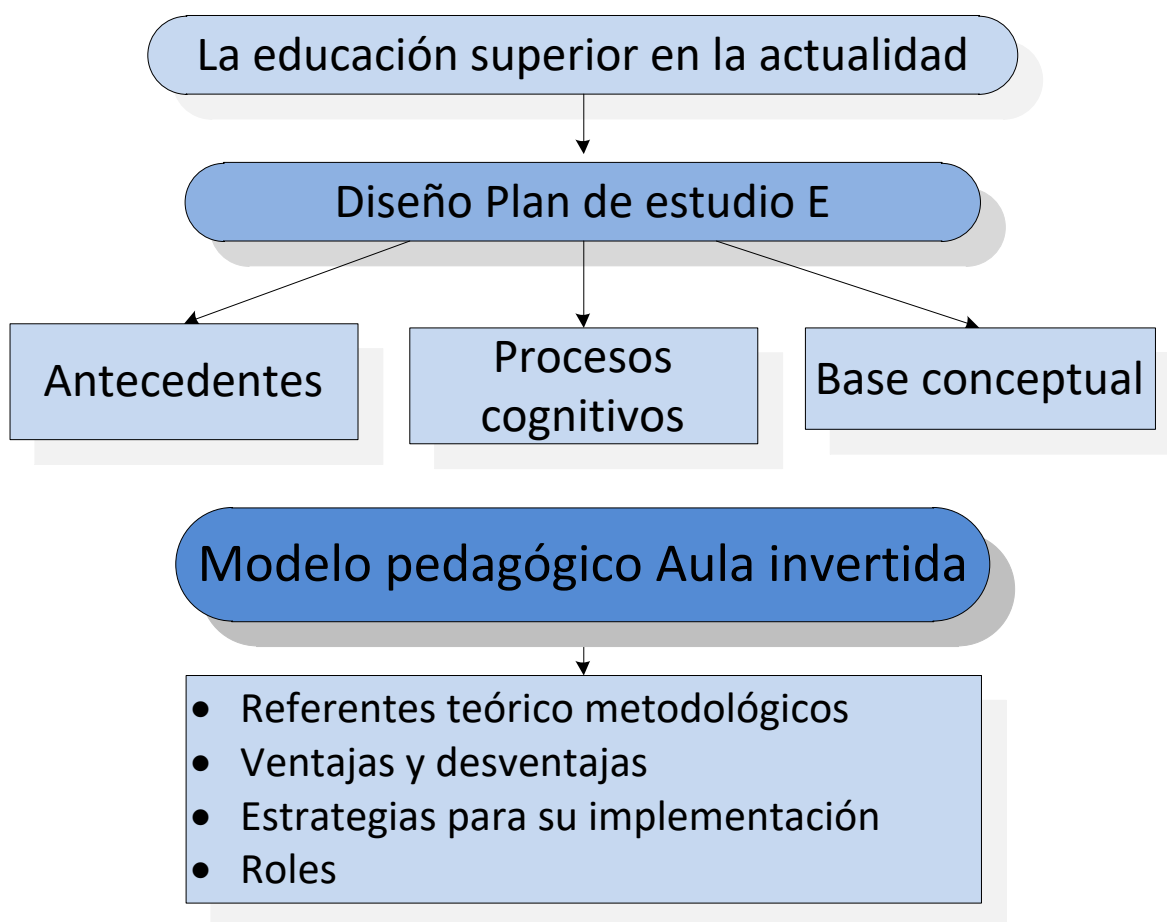


**Figura 1.1:** Hilo conductor. **Fuente:** Elaboración propia.

#### **1.1. Antecedentes.**

La universidad es por excelencia la institución social con mayor capacidad para preservar, desarrollar y difundir la cultura en su sentido más amplio, luego es de esperar que ponga el conocimiento más avanzado al servicio y salvaguarda de la humanidad, de la manera más integral e inclusiva posible. En Cuba, la comunidad universitaria está consciente del papel decisivo que le corresponde desempeñar en la consolidación del gran proyecto social iniciado hace más de 60 años con el triunfo de la Revolución cubana. La Reforma

Universitaria de 1962 sentó las pautas para las transformaciones de esencia que demandaba de inmediato la educación superior en nuestro país.

Uno de los aportes de la Reforma fue la definición del concepto de **perfeccionamiento continuo de los diseños y contenidos de los planes de estudio**, con la mira de satisfacer las demandas del desarrollo socioeconómico del país en cada momento y, también, para valorar sistemáticamente lo mejor de las tendencias internacionales que resultara pertinente adaptar al contexto nacional en la formación de profesionales.

Desde la creación del Ministerio de Educación Superior en el año 1976, se ha mantenido como una de sus funciones principales el perfeccionamiento continuo de los planes de estudio, que en determinados momentos adquirió tal significación que condujo a transformaciones curriculares.

Es así que desde el año 1977 hasta la fecha se han aplicado cinco generaciones de planes de estudio, como resultado de los cambios económicos, culturales y sociales que ha experimentado el país en respuesta a las condiciones del contexto nacional e internacional en que está inmerso.

En la actualidad, la educación superior cubana está enfrascada en mantener su **modelo de universidad moderna, humanista, universalizada, científica, tecnológica, innovadora, integrada a la sociedad y profundamente comprometida con la construcción de un socialismo próspero y sostenible**.

Una universidad caracterizada por la formación de valores y por el aseguramiento de la calidad de sus procesos sustantivos, en aras de lograr un egresado que posea cualidades personales, cultura y habilidades profesionales que le permitan desempeñarse con responsabilidad social, y que propicie su educación para toda la vida. Uno de los retos a vencer, para el logro de lo anterior, es contar con **diseños curriculares pertinentes** que sienten las bases para propiciar un incremento continuo de la calidad y la eficacia en la formación integral de los profesionales del país. (Ministerio de Educación Superior, 2016)

#### **1.1.1. Caracterización de la situación actual.**

El contexto socioeconómico nacional e internacional en que se gestaron los planes de estudio vigentes (Plan “E”) ha ido creciendo en complejidad, lo que viene dado principalmente por el impacto negativo de la crisis económica mundial y los efectos de la covid-19 sobre nuestro país y la educación superior, unido al vertiginoso avance de la ciencia y la tecnología, los que se han vuelto guías de la sociedad. Los principales elementos que caracterizan estos cambios y que guardan relación con la formación integral



de los profesionales, son, entre otros, los siguientes: (Ministerio de Educación Superior, 2016)

- ✓ Las transformaciones que tienen lugar en la economía y en la sociedad cubana, debido a la paulatina implementación de los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución para actualizar el modelo económico cubano.
- ✓ Las transformaciones en las distintas modalidades de estudio, y la implementación del estudio a distancia y el estudio semipresencial como soluciones a las afectaciones de la pandemia.
- ✓ Los efectos continuos y agresivos del covid-19 y otras enfermedades, que se perfilan como pautas a seguir para cambiar la vida del sector.
- ✓ El éxodo de profesionales dentro del país hacia labores no relacionadas con su perfil de graduación.
- ✓ El envejecimiento poblacional y la contracción demográfica del país derivado de múltiples factores socioeconómicos, son problemáticas que estimulan la necesidad de lograr una respuesta más dinámica a la demanda de profesionales en las diferentes ramas de la ciencia.
- ✓ El decrecimiento de la tasa bruta de escolarización de nivel superior del país, que es hoy de las más bajas de América Latina.
- ✓ La ampliación del sector no estatal de la producción y los servicios, que demanda la formación de profesionales.
- ✓ El desarrollo de las tecnologías que sigue revolucionando las esferas de la información y las comunicaciones a un ritmo vertiginoso para la mayoría de los países, entre ellos Cuba, que requiere hacer ingentes esfuerzos para mantener al menos un nivel que favorezca el progreso.
- ✓ La informatización de la sociedad cubana, aspecto que está provocando transformaciones en todos los sectores de la sociedad, particularmente en la educación.
- ✓ La revalorización del concepto de formación continúa en la educación superior contemporánea, pues las necesidades educativas actuales lo exigen.

La experiencia de la utilización de los planes anteriores, revela que se ha logrado un incremento en la calidad del proceso docente educativo, avalado por los resultados de las acreditaciones de carreras e instituciones, de los informes docentes y de los balances de cumplimiento de los objetivos del área de formación; así como una colaboración más estrecha con el sector de la producción y los servicios, en aras de conseguir una mayor

pertinencia de las carreras. En este nuevo nivel de desarrollo alcanzado, se han detectado una serie de aspectos en el diseño y ejecución del plan E que no están en correspondencia con la realidad actual del país y del entorno mundial, entre las que se encuentran:(Ministerio de Educación Superior, 2016)

- ✓ En el diseño de los planes de estudio de algunas carreras no se precisó el eslabón de base de la profesión y los problemas más generales y frecuentes que en él se presentan, lo que incidió en la determinación no adecuada de algunos de los objetivos y contenidos realmente necesarios para la formación del profesional de perfil amplio.
- ✓ La insuficiente articulación entre el pregrado y el posgrado, lo que se manifiesta fundamentalmente en que los contenidos de los planes de estudio de las carreras trascienden, en general, el objetivo de formar profesionales de perfil amplio.
- ✓ La duración de las carreras retrasa el ciclo de formación y las encarece, disminuyendo además la posibilidad de ofrecer una respuesta más rápida a la demanda laboral.
- ✓ El poco aprovechamiento de la flexibilidad de los actuales planes de estudio, debido fundamentalmente a la escasa cultura institucional que se posee en este sentido.
- ✓ En el proceso de enseñanza aprendizaje prevalece la didáctica tradicional, utilizándose métodos, medios y formas organizativas que no favorecen el papel activo de los estudiantes en su proceso de formación.
- ✓ El vínculo de las carreras con los organismos empleadores no ha alcanzado aún los niveles deseados, lo que limita el impacto de la universidad en el territorio y la atención a los estudiantes en la práctica laboral.
- ✓ La formación no hace énfasis suficiente en el desarrollo de habilidades de comunicación en los estudiantes, así como en el dominio del idioma extranjero, en el desarrollo de la iniciativa, la creatividad y la innovación; y en el trabajo en equipo, lo que se ha evidenciado en el seguimiento al desempeño de los graduados.

El resultado del desarrollo del sistema de educación superior y la situación actual expuesta, demandan cambios cualitativos en el diseño de los planes de estudio vigentes, que impliquen el perfeccionamiento del modelo de formación de perfil amplio enfocándolo al logro de una mayor pertinencia de las carreras y universidades a las necesidades y demandas socioeconómicas actuales del país, sobre la base de fortalecer la educación durante toda la vida y la formación integral de los estudiantes, mediante un proceso docente educativo que priorice el aprendizaje y la formación de habilidades para la gestión del conocimiento. Lo anterior justifica el inicio de un proceso de diseño de una nueva generación de planes de estudio (Plan de estudio “E”).

### **1.1.2. Bases conceptuales para el diseño de los Planes de estudio “E”.**

Tomando como punto de partida las premisas expuestas, y atribuyendo nuevos alcances al principio de la relación entre centralización y descentralización de modo que se demande mayor participación y responsabilidad de los centros rectores y de las universidades en general en el diseño de los currículos, se presentan a continuación las bases conceptuales para el diseño de los planes de estudio “E” que deben concretarse en los documentos rectores.

Algunos aspectos a considerar en el diseño curricular de disciplinas y asignaturas:

- Mayor articulación del pregrado y el posgrado.
- Mayor nivel de esencialidad en los contenidos de las disciplinas.
- Lograr una integración adecuada entre las actividades académicas, laborales e investigativas.
- Potenciar el protagonismo del estudiante en su proceso de formación.
- Potenciar el tiempo de autopreparación del estudiante.
- Amplio y generalizado empleo de las TIC.
- Lograr transformaciones en la evaluación del aprendizaje.

**Mayor articulación del pregrado y el posgrado:** Resulta imprescindible lograr que los contenidos que se desarrollen en el pregrado respondan a necesidades socioeconómicas locales, territoriales y nacionales y objetivos de dicho nivel y no trasciendan a los programas de formación de posgrado. En este sentido se debe considerar en el nivel de pregrado, se deben formar en el estudiante modos de actuación que le permitan un desempeño exitoso en el **eslabón base de la profesión es el proceso de producción o servicio.**

**Mayor nivel de esencialidad en los contenidos de las disciplinas:** Se debe lograr mediante la selección de aquellos contenidos que son esenciales para el logro de los objetivos previstos en el nivel pedagógico que se trate. Esto debe contribuir al adecuado balance entre las horas presenciales y el tiempo de autopreparación de los estudiantes, ya que el proceso de aprendizaje no se restringe a los tiempos de las actividades académicas presenciales. La integración de los contenidos de diferentes disciplinas crea la necesidad de incluir enfoques intra, inter y transdisciplinarios, lo que evitaría la reiteración innecesaria de conocimientos.

**Lograr una integración adecuada entre las actividades académicas, laborales e investigativas:** El componente investigativo estará presente en las actividades curriculares y extracurriculares, fomentando en los estudiantes la independencia, la creatividad y la búsqueda permanente del conocimiento. Esto exige crear las bases en el diseño para

prever espacios donde se materialice el uso social del conocimiento mediante la práctica laboral como parte de su formación.

**Potenciar el protagonismo del estudiante en su proceso de formación:** El diseño curricular debe facilitar que el estudiante aprenda a aprender y se motive para adquirir nuevos conocimientos. Lo anterior exige una transformación en los métodos, medios, formas organizativas y evaluación del aprendizaje, para lograr que el estudiante sea el actor principal del proceso. Se trata de orientar el proceso de formación más al aprendizaje que a la enseñanza, a priorizar el cómo y no el qué.

**Potenciar el tiempo de autopreparación del estudiante:** Se debe lograr una adecuada orientación, ejecución y control de las diferentes tareas docentes que deben desarrollar los estudiantes en el tiempo no presencial con la debida exigencia por parte de los profesores, para que se apropien de los contenidos establecidos en los programas de estudio.

**Amplio y generalizado empleo de las TIC:** Se debe prestar atención al uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones en la solución de tareas de aprendizaje: como medio de enseñanza, como herramienta de trabajo y comunicación y como fuente de conocimiento.

**Lograr transformaciones en la evaluación del aprendizaje:** La evaluación debe considerarse en su carácter cualitativo y formativo. Esto supone realizarla de modo permanente durante las actividades de aprendizaje utilizando formas no tradicionales de evaluación y, además, dando a conocer a los estudiantes cuáles son los criterios que se utilizan para valorar su desempeño, de modo que esto lo ayude a revisar lo que hace y a desarrollar su capacidad de autoevaluación, su espíritu crítico y autocrítico.

Se debe mantener la evaluación sistemática, así como la tendencia a la disminución de exámenes finales tradicionales y al incremento de otros tipos de evaluación final, como, por ejemplo: trabajos de curso, casos de estudios, informes, ejercicios profesionales, proyectos, etc., que permitan comprobar el desarrollo de habilidades profesionales y que integren contenidos de diferentes disciplinas, siempre que sea posible.

## **1.2. Los procesos cognitivos y sus bases conceptuales.**

Desde que nacemos, las personas nos desenvolvemos en un entorno que intentamos comprender para poder participar en él. Buscamos organizarlo, encontrando regularidades e invariantes, estableciendo diferencias y agrupando lo que se asemeja. Lo hacemos identificando relaciones entre fenómenos que se van repitiendo y organizándolos en patrones. Lo hacemos en un mundo social, de relaciones, atendiendo con otros a las acciones que ellos realizan en nuestro entorno. En otras palabras, prestamos atención al

entorno, a lo que otros que nos resultan significativos hacen en ese entorno y a su intención: para qué lo hacen. Y lo hacemos para poder participar de ese mundo de acciones y relaciones con información sobre las condiciones actuales y anticipando estados futuros. Como seres humanos, nos convertimos en miembros de una comunidad de mentes que se esfuerzan no solo en adjudicar sentido a su entorno, sino también en compartirlo con otros.(Manrique, 2020).

Los procesos cognitivos son las operaciones mentales que realiza el cerebro para procesar información. Mediante estas operaciones, el cerebro trabaja con la información que le rodea, la almacena y la analiza para tomar las decisiones correspondientes. Su influencia en la conducta los convierte en fundamentales para la adaptación al medio social y la supervivencia.

Son estos procesos los que permiten al cerebro procesar la información que le llega de los sentidos, registrarla, recuperarla cuando le sea necesaria y, sobre todo, aprender.

Los procesos cognitivos, también denominados funciones cognitivas, incluyen aspectos básicos, como la percepción y la atención, y otros más elaborados, como el pensamiento. Cualquier actividad que se realiza, como leer, lavar los platos o ir en bicicleta, lleva implícito un procesamiento cognitivo. Esto sucede con la mayoría de nuestras actividades cotidianas, por lo que cuando alguna de estas funciones cognitivas sufre algún daño, se ve deteriorada la capacidad de desempeñar determinadas actividades.

Los procesos cognitivos son capacidades, las cuales mediante la percepción y la experiencia previa los seres procesan la información que se presenta en el entorno por lo cual el principal objetivo que desempeñan los procesos cognitivos es el funcionamiento y las operaciones de la mente, la cognición y las relaciones con la conducta.

La cognición es un proceso por el cual las personas adquieren conocimientos. Así mismo la cognición en relación al aprendizaje tiene que ver con la memoria, el razonamiento y la resolución de conflictos. Según (Mestre, Samper, & Frías, 2002) la cognición humana puede componerse tanto de procesos conscientes como inconscientes, es decir lo concreto, abstracto, asuntos conceptuales o inclusive intuitivos se generan de una manera constante. Para que posean un funcionamiento óptimo, los procesos cognitivos deben tener un inicio en el acceso a la información que se realiza a través de los sentidos, gracias a la percepción que tienen todos los seres humanos. Posterior a ello, manifiesta que la atención y concentración del individuo promueve los conocimientos que interioriza y almacena en su memoria. Una vez se procesa e interpreta la información en la memoria, el lenguaje es ideal para que el individuo ya puede generar y expresar sus ideas, la inteligencia y creatividad.

Existen dos tipos de procesos cognitivos los básicos y superiores los cuales trabajan en simultáneo almacenando la información de los seres humanos y utilizándola cuando sea necesario.

### **Tipos de procesos cognitivos identificados en situaciones de enseñanza:**

Con el fin de aportar una herramienta para el análisis, en este apartado se incluye un listado de procesos que fueron identificados en situaciones de enseñanza. Está organizado respetando el criterio de procesos básicos y superiores de Vygotsky, los cuales son:(Manrique, 2020)

#### **1. Procesos de nivel inferior o básico (la base sobre la que se apoyan otros):**

- a) Atención: Estado de alerta que se puede enfocar en diferentes aspectos del entorno. Permite seleccionar y jerarquizar algunos estímulos y desechar otros. Está influido por cualidades del entorno y también del individuo, sus intereses o su estado emocional.
- b) Percepción: Se define como un proceso de organización psíquica que se lleva a cabo en la frontera en que se encuentran organismo y ambiente. Percibir es realizar una operación que implica recortar una figura de un fondo. Es decir que percibir es agrupar los datos del entorno de acuerdo con cualidades y funciones.
- c) Memoria: Consta de al menos tres subprocesos: codificación, almacenamiento de información y recuperación de la información (Baddeley, 2010). La memoria reconstruye los datos una vez percibidos, al almacenarlos y también modifica datos almacenados, influida por procesos emocionales o cognitivos. Hay gran cantidad de categorizaciones de tipos de memoria, pero la más típica distingue la memoria de corto plazo y la de largo plazo, según la limitación de su capacidad y su función. La memoria de corto plazo, memoria operativa o de trabajo mantiene información activada en un lapso de hasta 45 segundos aproximadamente, lista para poder operar con ella. La memoria de largo plazo cumple la función de almacenamiento. La información almacenada no se recupera de manera literal, sino que se recrea y reconstruye en el tiempo presente. La posibilidad de recuperar información depende de que esta haya sido codificada de manera organizada, es decir siguiendo algún criterio.
- d) Pensamiento: El proceso cognitivo de pensar implica elaborar lo que acaba de suceder, poniendo en juego su conocimiento previo y su comprensión general de la situación. En otras palabras, trata el acontecimiento como un problema social que debe resolverse.(Banyard & Hartland, 2019)

## **2. Procesos de nivel superior:**

Algunos autores diferencian entre ellos dos grandes grupos: los procesos vinculados con la producción narrativa y los vinculados con la comprensión:

- a) Narrar o producir narrativa: Es un proceso que consiste en representarse mentalmente una situación ausente, es decir que parte de la evocación de esa situación. Se trata de ponerla en palabras, para lo cual es necesario jerarquizar información, organizarla en una secuencia temporal, traducir a un código lingüístico emociones o imágenes visuales y auditivas, y tener en cuenta al interlocutor, para decidir qué y cuánta información adicional presentar para que sea comprendido el relato. Requiere de un posicionamiento subjetivo en relación con aquello que ha de relatarse (Ochs y Capps, 1996).
- b) Comprender: La comprensión descansa en la capacidad de formarse representaciones mentales que permiten ir reconstruyendo el sentido de un texto oral o escrito en un modelo mental. Si el modelo mental es coherente, es decir, si las representaciones mentales se codifican de un modo que respete la organización causal, podrá luego ser recuperado de la memoria de largo plazo en la que fuera almacenado. Este complejo proceso involucra una serie de operaciones cognitivas como la activación de conocimiento previo, que permite construir los cimientos sobre los que se irá construyendo la representación del texto; la realización de inferencias inducidas por las pistas que el texto proporciona y el procesamiento de vínculos causales en los planos fáctico y psicológico de la narrativa. El proceso de comprensión se produce hacia atrás: una vez codificada cierta cantidad de información, diferentes piezas de información son resignificadas a la luz del sentido global de lo codificado.(Manrique, 2020).

### **1.3. El Aula invertida como modelo pedagógico actual.**

El mundo globalizado actual conlleva a cambios repentinos en diferente contexto donde el desarrollo social, científico, técnico y económico obliga a los países a plantear políticas públicas, sobre todo políticas en educación. La educación tradicional impartida en las aulas universitarias recae en el docente quien debe escribir en la pizarra todo lo relacionado con el área o curso académico, el papel del estudiante se concentra en tomar notas de la clase y hacer las actividades; ya sea de manera individual o grupal.(Ventosilla Sosa et al., 2021). Se sabe que la educación hoy en día se percibe como una nueva situación, es decir, la educación se encuentra en la era de la revolución tecnológica, donde la necesidad de una computadora y las telecomunicaciones puede cambiar el estilo de enseñanza aprendizaje.

El mundo y las sociedades están cambiando y evolucionado, sobre todo en la forma de aprender, en este sentido, es necesario buscar estrategias y metodologías que logre una interacción entre los docentes, estudiantes y tecnología, teniendo en cuenta esta última como un factor clave y de gran apoyo para el estudiante en materia de aprendizaje.

En este sentido, docentes en muchas universidades están tratando de cambiar la enseñanza tradicional, enfocada en cumplir el avance a partir de un plan de estudios, por una enseñanza basados en las necesidades de los estudiantes. La metodología que ha despertado el interés en los estudiantes es el aula invertida como una metodología centrada en trasladar la instrucción directa al exterior del aula. (Bergmann y Sams, 2014 y Limón, Cantera y Salinas, 2017).

El aula invertida es una metodología en la que la instrucción directa se hace efectiva y eficiente cuando se realiza de manera individual. (Ventosilla Sosa et al., 2021)

El modelo de aula invertida como alternativa pedagógica es la opción entre dos o más variantes con que cuenta el profesor para dirigir la formación y el desarrollo de la personalidad de los sujetos de la educación, a partir de las características, posibilidades y el contexto de la actuación pedagógica. Su esencia se concibe mediante el proceso de aprender a aprender entendida como la capacidad de reflexionar en la forma en que se aprende y en consecuencia se autorregula el propio proceso de aprendizaje mediante el uso de estrategias flexibles y apropiadas que se pueden transferir y adaptar a nuevas situaciones.

Según Bergmann y Sams (2012), precursores del aprendizaje invertido, este es un modelo pedagógico que transfiere el trabajo de determinados procesos de aprendizaje fuera del aula y utiliza el tiempo de clase, junto con la experiencia del docente, para facilitar y potenciar otros procesos de adquisición y práctica de conocimientos dentro del aula.(Villa & Londoño, 2020.)

La tecnología avanza y obliga a crear nuevas metodologías para el proceso enseñanza aprendizaje, es allí que se habla del aula invertida, metodología enfocada en combinar los dos momentos que intervienen en la educación tradicional: actividades propias de la clase y la segunda actividad fuera de la escuela. En este sentido, el Aula Invertida permite un aprendizaje para el docente, donde el manejo de la tecnología puede ser dentro o fuera del aula, permitiendo así utilizar las TICs como herramienta para apoyar el aprendizaje de los estudiantes.

El aula invertida tiene como objetivo proveer a los docentes de herramientas metodológicas para la transformación del proceso de enseñanza, el aula invertida permite un aprendizaje



activo, donde el estudiante se involucra directamente con el aprendizaje. El aula invertida influye en el aprendizaje activo, logrando la autonomía del estudiante, asimismo, permite que el estudiante haga uso de recursos como videos para la comprensión de contenidos, resolución de ejercicios y trabajos grupales, como actividades ideales para aplicar la teoría y profundizar el contenido.

El Aula Invertida, “Flipped Classroom” o “Inverted Classroom”, es vista como una forma de enseñanza de manera semipresencial o mixta (“blended learning”) esto debido a su forma presencial y otra virtual, a distancia. Es decir, permite al estudiante realizar en casa, haciendo uso de herramientas multimedia, lo que se hace en el aula de manera tradicional y lo que frecuentemente se hace en casa (como los deberes), se realiza en el aula, poniendo en práctica los diversos métodos interactivos de trabajo colaborativo.

El aula invertida permite desarrollar contenidos previos a la clase y fomenta en el estudiante la comprensión de los contenidos a través de un aprendizaje activo. El Aula Invertida hace uso de tecnología multimedia con el fin de acceder a los diferentes materiales y herramientas permitiendo el apoyo fuera del aula y poniendo énfasis en la adquisición de las competencias digitales.

El Aula Invertida es importante para potencializar el desarrollo de las competencias (mejorar el nivel académico); en la parte social busca resolver problemas y así contribuir a la comunidad no solo en el entorno educativo sino, mejorando los niveles de aprendizaje y el ambiente de estudio utilizando estrategias pedagógicas, que conlleven a los jóvenes a sentirse motivados, realizando actividades que propicien un aprendizaje y entorno creativo, didáctica e interactiva. (Ventosilla Sosa et al., 2021)

Al usar el aula invertida en el proceso de enseñanza aprendizaje es importante considerar el enfoque pedagógico que fundamenta el aprendizaje invertido teniendo en cuenta los 4 pilares fundamentales: ambiente flexible, cultura de aprendizaje, contenido dirigido y facilitador profesional. (Hernández y Tecpan, 2017 y Wendorff, 2019).

El Aula Invertida, logra la personificación individual asegurando la educación de los estudiantes mediante la estructura de necesidades que conlleva inicialmente a pensar de manera desordenada, cuando en realidad es todo lo contrario, es decir la metodología que torna en el aula invertida tiene mayor auge dentro como fuera del aula, Olaizola (2015).

El aula invertida es visto como un modelo pedagógico acompañado de herramientas digitales, que se enfoca en lograr un aprendizaje activo y efectivo en el estudiante; con relación a los docentes. Ellos son los encargados de preparar el material del curso, usando grabaciones de videos existente o grabaciones de ellos mismos explicando la clase, estos

materiales son entregados a los estudiantes antes de asistir a clase, esto es ventajoso ya que el estudiante llega al aula con un conocimiento previo del tema, permitiendo hacer preguntas, disipar sus dudas y dar apreciaciones, permite centrar al docente en un rol de tutor y guía dando así el protagonismo al estudiante en el proceso de aprendizaje.

El Aula Invertida es un modelo pedagógico no tradicional que, de la mano con las herramientas digitales, busca el aprendizaje efectivo y competente en los estudiantes. Invierte los momentos tradicionales de la relación docente estudiante, donde el docente prepara previamente el material de su curso, ya sea grabándose él mismo dictando algún tema de su clase, o recopilando videos ya existentes en la web. Luego, este material se distribuye a los educandos antes de asistir a clases para que ellos puedan verlo en sus hogares, llegando a clases con un conocimiento previo de la materia en cuestión.

El momento en el aula se centra en los comentarios, preguntas, dudas y apreciaciones sobre lo observado, teniendo el docente un rol de tutor y guía, mientras que el estudiante es protagonista de su propio aprendizaje. (Acevedo, et al., 2019, Rivas, 2020).

Esto obliga a los docentes a utilizar estrategias de enseñanza aprendizaje acorde con el contexto, es decir, haciendo uso de metodologías innovadoras que busquen la atención y motivación del estudiante, logrando hacer uso del desarrollo de las tecnologías de la información y la comunicación basadas en internet poniendo en práctica un aprendizaje mixto o llamado “blended learning” o en español “aprendizaje mezclado”. Blasco, Lorenzo y Sarsa (2016).

En este sentido, haciendo uso del aula invertida, el docente se convierte en guía, en facilitador del aprendizaje, propiciando el uso de recursos y herramientas necesarias para el desarrollo de las destrezas y habilidades del estudiante. (Salinas, 2004). El uso del aula invertida permite un aprendizaje invertido o “Flipped Classroom”, donde los docentes ponen recursos y herramientas de acceso fácil y libre y es el estudiante que debe revisar y usar dichos elementos para conocer las lecciones de curso en cualquier momento. (Bergmann y Sams, 2017 y Vidal, et al., 2016).

Asimismo, es importante conocer la estructura del aula invertida, haciendo énfasis en el desarrollo de actividades fuera del aula:

- a) selección o producción y distribución del material digital;
- b) actividades para asegurar el visionado y
- c) diagnóstico de la comprensión del material.

Es importante mencionar, que el rol del docente es visto como un productor de contenidos y actividades para ser utilizados por los estudiantes y que el docente pueda evaluar el

aprendizaje. En la educación superior lograr poner en práctica los procesos cognitivos de nivel superior muchas veces se hace complicado y por ende la dificultad de lograr competencias en los estudiantes, como se conoce en educación superior no se tiene al docente todo el día, la presencia es muy limitado.

Es allí que la metodología en la que se toman en cuenta lo tecnológico “Aula invertida” permite el uso efectivo ya que se puede trabajar todos los contenidos del curso teniendo en cuenta el enfoque instructivo dentro del aula. Al hacer uso del aula invertida los estudiantes tienen al docente disponible todo el tiempo logrando así una retroalimentación de los contenidos de las herramientas proporcionada por el docente antes de la explicación de la clase. (O’Flaherty y Phillips, 2015 y Domínguez et al., 2017).

#### **1.4. Referentes teórico-metodológicos del aula invertida.**

El modelo de enseñanza de aula invertida consiste en trasladar una parte o la mayoría de la instrucción directa al exterior del aula, para aprovechar el tiempo en clase, maximizar las interacciones entre profesor y estudiante y entre estos entre sí, apoyados en tecnologías emergentes.

En el aula invertida las clases son recibidas en casa, mediante videos, foros, chat, correo, redes sociales y otras herramientas y recursos basados en las TIC, lo que permite una constante interacción del alumno con el docente y con sus compañeros de clase; de hecho las tareas son realizadas en clase entre todos y con el auxilio de las tecnologías (Rivera y García, 2016), de manera que se libera tiempo para desarrollar actividades de aprendizaje más significativas tales como discusiones, problemas, laboratorios, proyectos, estudios de caso, entre otras, y también para propiciar la colaboración entre los propios estudiantes. En la actualidad, la integración de tecnologías emergentes en el aprendizaje ofrece más opciones de contenidos y, lo más importante, redefine el tiempo de clase como un ambiente centrado en el estudiante. Se hace énfasis en involucrarlo más activamente en su aprendizaje y desarrollar actividades diferentes.

A continuación, se exponen características y resultados cualitativos y cuantitativos en relación con la eficacia de este modelo.

1. El punto de partida es que todos los estudiantes están implicados en su propio aprendizaje y asumen esta responsabilidad.
2. Este método permite a los alumnos revisar el material a su ritmo y conveniencia.
3. Posee un mecanismo alternativo para cuando no sea posible asistir a clase o simplemente para ponerse al día en el contenido del curso.

4. La visualización repetida de contenidos y la información de procesos de comprensión compleja son aspectos relevantes en algunos de estos modelos.
5. Brinda la posibilidad de realizar estudios en diferentes materias y priorizar aquellas susceptibles de reprobación. Permite repasar los contenidos, particularmente, cuando son introducidos temas de difícil comprensión.
6. Los estudiantes en la conceptualización abstracta aprenden pensando y en la experimentación activa aprenden haciendo, elementos que se toman en cuenta en el diseño de actividades de aprendizaje.
7. Algunos destacan la necesidad de desarrollar actividades «reales» vinculadas al contexto.
8. La mayoría de estos modelos y experiencias están basados en el constructivismo y algunos toman como fundamento la taxonomía de Bloom (Fernández, 2016).

Algunos de estos modelos destacan el uso del aprendizaje mixto (blended learning) en entornos virtuales. Adicionalmente, a medida que se multiplican las experiencias con el modelo de clase invertida en diferentes centros educativos, se dan a conocer otros trabajos (Bergmann y Sams, 2012; Strayer, 2012; Hamdan et al., 2013; Bogost, 2013; Aronson, Arfstrom y Tam, 2013; Schuman, 2014) que subrayan sus flancos más débiles y detallan qué desafíos se deben afrontar y resolver:

1. Las características físicas del aula son factores decisivos para el éxito de la inversión. Aulas demasiado grandes o con determinado mobiliario dificultan el desarrollo de las actividades centrales de la clase invertida, que requieren un trabajo similar al aula taller. La clase invertida requiere entornos flexibles.
2. Si bien cada día se multiplica el número de computadoras y dispositivos móviles con acceso a Internet, es importante reconocer que no todos los estudiantes poseen un acceso similar a la red. La clase invertida necesita de cierto piso tecnológico básico.
3. El docente debe analizar si la clase invertida es apropiada para los contenidos, los estudiantes e incluso para sí mismo. En el caso del nivel superior, por ejemplo, algunos trabajos observan que la clase invertida es menos eficiente en materias introductorias, ya que es posible que los estudiantes no hayan desarrollado interés en el campo de estudios. Existen otros autores que sostienen lo contrario: los estudiantes de cursos introductorios tal vez encuentren que la clase invertida es una forma más amigable para comenzar a reflexionar sobre ciertos ejes centrales de la disciplina.
4. La selección del material para invertir la clase demanda un análisis previo de los estudiantes sobre los temas a desarrollar.

5. Se requiere una implicación del alumnado y de la colaboración entre los docentes para la producción de materiales didácticos y el desarrollo de las actividades en clase.

Para el desarrollo del aula invertida se hace necesario el uso de las tecnologías emergentes y, en particular, las vinculadas a las tecnologías de la información y comunicaciones que abren un abanico de posibilidades, pues constituyen herramientas, innovaciones y avances utilizados en diversos contextos educativos al servicio de variados propósitos relacionados con la educación. A continuación, se detallan aquellas tecnologías emergentes que se consideran con mayores potencialidades para el desarrollo de un modelo de aula invertida:

- a) Trae tu propio dispositivo (BYOD): es una tecnología que permite utilizar smartphones, tabletas, laptops o cualquier dispositivo móvil en un entorno de aprendizaje o trabajo. La idea general de esta tecnología es utilizar estos recursos para ayudar en la formación de los estudiantes y permitir a los docentes actualizar las maneras en las que se entregan los contenidos y se evalúa el aprendizaje de los estudiantes (Adell y Castañeda, 2012).
- b) Informática en la nube: hace referencia al almacenamiento de los recursos en servidores remotos, en contraposición al uso del disco duro del ordenador. Este suplemento al igual que el anterior podrá ser usado en cualquier escenario y servirá como lugar virtual de almacenamiento de información y, por ende, podrá ser consultado en cualquier instante del proceso de enseñanza-aprendizaje.
- c) Youtube: es una gran videoteca donde se encuentra gran cantidad de documentos históricos, políticos, culturales y educativos, que podrían ser exportados didácticamente a las clases presenciales y utilizados como apoyo. Los docentes pueden editar sus propios videos, lo que les permite a los estudiantes estudiar el material antes de la clase presencial.
- d) Podcast (grabación de audio): a través de esta plataforma es posible escuchar conferencias o charlas de especialistas de instituciones de reconocido prestigio sobre una temática específica; también se puede emplear para explicar conceptos básicos de la materia y utilizar como material para refuerzo educativo.
- e) Realidad aumentada y virtual: se basa en la superposición de datos por medio de espacios, para producir una nueva experiencia del mundo, amplificando el acceso a la información y generando nuevas oportunidades para el aprendizaje, puesto que las herramientas para crear novedosas aplicaciones son cada vez más sencillas de usar y más asequibles en el sector de la educación. La realidad virtual fomenta la exploración de datos del mundo real en entornos virtuales, mientras que la realidad aumentada

permite que los estudiantes amplíen sus conocimientos basados en interacciones con objetos virtuales.

- f) Impresoras 3D: este tipo de tecnología posibilita transformar un diseño digital en un objeto físico a través de diferentes metodologías, cada una en función de la forma y el tipo de material utilizado para crear las piezas. De esta manera, es posible tener en pocas horas, por ejemplo, herramientas, útiles de laboratorio, maquetas o prototipos.
- g) La informática afectiva: es una tecnología cuyo propósito es que se puedan programar máquinas con la capacidad de reconocer, interpretar, procesar y simular la gama de emociones humanas. Aplicadas en la educación, un tutor informatizado en una clase en línea puede reaccionar a las indicaciones faciales de aburrimiento de un estudiante y motivar o reforzar su confianza en el estudio.
- h) Robótica: según lo expuesto en el «Resumen de los informes Horizon», es una tecnología que se refiere al diseño y aplicación de máquinas que realizan una serie de tareas automatizadas llamadas Robots. En la educación su uso es potencial, pues existen programas para Robots que apoyan a los estudiantes en la solución de problemas.
- i) Makerspaces: está compuesta por tres áreas: la creatividad, el diseño y la ingeniería, con el fin de abrir camino a la vanguardia de las consideraciones educativas mediante herramientas como las impresoras 3D y la robótica, cada día más accesibles para los estudiantes.
- j) Gamificación: los estudiantes universitarios, usuarios de videojuegos, por lo general, valoran su potencial educativo, ya que perciben la utilidad que tienen para el logro de objetivos educativos y el desarrollo de ciertas habilidades. No obstante, existe una proporción nada desdeñable de alumnos que no aprecian el valor metodológico que los videojuegos pueden tener para el aprendizaje. Esta tecnología puede ser usada como motivación durante todo el proceso enseñanza-aprendizaje.
- k) Dispositivos móviles: la aparición y evolución de los dispositivos móviles en la sociedad actual ha sido un proceso tan vertiginoso que la educación no puede quedarse al margen. La movilidad permite dar un salto cuantitativo respecto a la anterior tecnología que se manejaba en entornos educativos, y el aprendizaje se expande de forma asombrosa. Otra ventaja es poder conectar a redes de forma fácil y sencilla. Esta tecnología será una de las más usadas en el modelo de aula invertida en la UPS, debido al alto índice de utilización en esta universidad y será fuente de consulta, de motivación, ensayo y comprobación de resultados.

### **1.5. Modelo de aula invertida.**

Se define, entonces, el modelo de aula invertida como una representación abstracta y simplificada, a partir de la sinergia de las dimensiones pedagógica, tecnológica y organizativa y de la concepción, desarrollo y praxis de los entornos virtuales, basados en principios y en la proyección de las tecnologías emergentes como herramientas de generación de ambientes y de interacción educativa, con una estrategia clara y precisa para su implementación práctica. Los principios que sustentan este modelo son:

a) Principio I: carácter social del aprendizaje en un aula invertida.

El aprendizaje en aula invertida en ambientes virtuales tiene como punto de partida la concepción histórico-cultural al asumir el carácter social del aprendizaje y el rol del entorno y sus realidades en la formación humana, lo que dota a la virtualización de un referente preciso para la organización de sus ambientes, para la estructuración de sus relaciones y para la orientación de sus proyecciones; en correspondencia con el papel de las TIC como entes mediadores de la actividad y como extensiones de los ámbitos de interacción social. El proceso de enseñanza-aprendizaje se realiza a través de las estrategias de trabajo colaborativo y el desarrollo de proyectos.

Los estudiantes trabajarán en el salón de clases para analizar y sintetizar la información recolectada, generar ideas, redactar textos y grabar guiones; también se dedicarán a buscar imágenes, pistas para fondo del podcast o de los videos y a la edición de estos materiales. Tal modelo propicia la creación de un ambiente de aprendizaje colaborativo donde prima la familiaridad y responsabilidad por el cumplimiento de las tareas asignadas.

b) Principio II: unidad entre lo formal e informal de los contextos de aprendizaje en un aula invertida.

La presente propuesta de aula invertida tiene como pilar fundamental las tecnologías emergentes, de ahí que en la medida en que se utiliza la tecnología en entornos informales, como el hogar, un café u otro espacio de socialización, se abre la posibilidad de convertir estos «otros entornos» en potenciales escenarios de experimentación y aprendizaje.

Estas condiciones destacan aquellas experiencias prácticas de aplicación de conocimientos y habilidades que ocurren en distintos entornos de aprendizaje, y que también resultan fértiles para la adquisición, combinación y transferencia de saberes (de tácitos a explícitos) a través de hábitos de interacción cotidiana. Aunque se consideren invisibles para los sistemas formales de educación, no lo son de ninguna manera para la vida profesional y social. El mundo técnico profesional requiere de conocimientos, habilidades y destrezas que muchas veces ni siquiera se enseñan dentro de los circuitos formales de la educación.

Al trabajar con tecnologías emergentes se incorporan experiencias de construcción y reconstrucción del conocimiento, independientemente del objetivo, entorno, momento o frecuencia en que ocurren, de modo que se superan los límites entre la educación formal e informal.

- c) Principio III: la relación entre la enseñanza desarrolladora y el aprendizaje invisible y experiencial en un ambiente virtual de aprendizaje en un aula invertida.

El carácter desarrollador de la enseñanza, apoyado en las tecnologías emergentes de la información y las comunicaciones, es la base de los fundamentos de aula invertida de esta investigación, puesto que dichas tecnologías estarán presentes continuamente en el proceso de enseñanza-aprendizaje.

El modelo que se propone, fundamentado en una pedagogía de carácter desarrollador y un aprendizaje invisible y experiencial, enfatiza en la necesidad de elaborar situaciones de enseñanza que no solo garanticen la asimilación de los contenidos propios de la materia por parte de los estudiantes, sino que en la misma medida se satisfagan sus intereses y expectativas; además, empleen sus experiencias en la temática para que se integren real y afectivamente en el proceso de formación, lo que propicia la creación de condiciones orientadas a su desarrollo integral y a la asimilación del contenido de enseñanza a ritmos individuales o particulares.

- d) Principio IV: relación dialéctica entre los presupuestos pedagógicos, tecnológicos y organizacionales en un entorno virtual de formación en un aula invertida.

Para que el aula invertida se torne un proceso exitoso, es preciso reconocer que un punto crítico, tan importante como la disponibilidad y el despliegue adecuado de recursos informáticos y herramientas tecnológicas, es el compromiso activo y el trabajo permanente de directivos, docentes y del equipo de gestión de las tecnologías emergentes de la información y las comunicaciones, como potenciadores del cambio en tal sentido.

La dimensión organizativa de los ambientes virtuales de un aula invertida entraña el análisis de dos zonas fundamentales: la primera concerniente al desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje en este entorno, desde la óptica de las prerrogativas institucionales, y la segunda en función de la proyección formativa de las TIC y tecnologías emergentes. Desde tal perspectiva, esta dimensión se preocupa tanto de la gestión institucional, como de los criterios orientadores del empleo de las TIC y las tecnologías emergentes a ellas asociadas.

#### **1.5.1. Ventajas y desventajas del modelo de aula invertida.**

Ventajas de las aulas virtuales:



- Supera las limitaciones de tiempo y espacio.
- Desarrolla una amplia cultura computacional.
- Enriquecimiento del aprendizaje, desarrollando un pensamiento creativo y constructivo.
- El usuario establece su propio horario adaptándolo a sus necesidades.
- Permite que el aprendizaje sea mucho más actualizado.
- Permite acceder a la educación desde cualquier lugar del país, por lo que permite mejor acceso y más igualdad.
- La organización del contenido y planificación de actividades docentes apoyados con mayor base tecnológica.
- Interacción entre estudiantes, estudiantes y profesor desde el espacio virtual.
- Mayor concentración y acceso a la información y el conocimiento referido a los diversos temas de las asignaturas.
- Proporciona un entorno de aprendizaje y trabajo cooperativos.
- Distribución de la información de forma rápida y precisa a todos los participantes.
- Preparar al educando para su futura labor profesional.
- Sistematizar los conocimientos.
- Evaluar de forma diferenciada a los estudiantes.

Desventajas de las aulas virtuales:

- Insuficiente dominio de las habilidades informáticas en los estudiantes.
- La motivación del alumno puede ser complicada.
- Si en la enseñanza presencial ya es complicado poder estimular actitudes emotivas positivas que mejoren el rendimiento académico, en la enseñanza a distancia el problema adquiere dimensiones mayores.
- Se reducen el tipo de relaciones sociales que se establecen en las aulas tradicionales.
- La disponibilidad de las computadoras en tiempo y espacio.
- Plantea un cambio en el rol tanto del docente como del estudiante, lo cual aún resulta difícil de asimilar.

#### **1.6. Estrategia para la implementación del modelo de aula invertida**

Existen diversas estructuras que pueden resultar de base para implementar la clase invertida. A continuación, se proponen los procedimientos o acciones agrupados por etapas que más se ajustan a la realidad del modelo de aula invertida.

I. Primera etapa: diagnóstico.

Para implementar el modelo de clase invertida se debe, primeramente, poner en práctica su primera etapa, que tiene como objetivo: caracterizar el nivel de conocimiento y utilización de los conceptos y herramientas vinculadas al aula invertida en ambientes virtuales por estudiantes y profesores.

Acciones:

- Identificar el tipo de TIC y tecnologías emergentes que están a disposición de los docentes, de los estudiantes y de la institución educativa.
- Realizar un diagnóstico a los docentes y estudiantes sobre el conocimiento y uso del aula invertida y las tecnologías emergentes.

## II. Segunda etapa: capacitación de docentes y estudiantes.

La segunda etapa presenta como objetivo: capacitar a los docentes y estudiantes sobre el manejo de las TIC, las tecnologías emergentes y los fundamentos pedagógicos y metodologías asociados al aula invertida, tomando en cuenta los principios y componentes del modelo diseñado.

Acciones:

- Capacitar a los docentes y estudiantes sobre el manejo de las TIC y las tecnologías emergentes que vayan a ser usadas en el proceso de invertir el aula y sus fundamentos pedagógicos.
- Capacitar a los docentes en diferentes metodologías para desarrollar el aula invertida y en el modelo de aula invertida.

## III. Tercera etapa: selección de la materia, contenidos y las actividades de aprendizaje.

La tercera etapa de este proceso presenta los siguientes objetivos:

- a) Seleccionar la materia, contenidos y actividades de aprendizaje en los que se aplicará el aula invertida, una vez analizadas las características de la materia y de los estudiantes.
- b) Diseñar las actividades de aprendizaje y las guías de enseñanza según la complejidad de los temas a tratar.

Acciones:

- Seleccionar la materia que será objeto de la experiencia de aula invertida.
- Elegir los temas que se trabajarán con la metodología de aula invertida. Debe destacarse que todos los temas de una materia no se tienen que desarrollar aplicando toda la metodología, ya que por su complejidad hay algunos que requieren mayor participación del docente.

- Dar a conocer a los estudiantes en qué consiste el modelo, la estructura de clase, los contenidos de cada unidad (objetivos, material y actividades) e incluso evidencias grabadas sobre la opinión de alumnos que ya lo hayan experimentado.
- Diseñar las actividades de aprendizaje, tomando en cuenta los tres escenarios de una clase invertida (antes, durante la clase presencial y después) y las tecnologías que las apoyarán.
- Elaborar las guías de aprendizaje, las cuales constan, fundamentalmente, de cuatro elementos: los objetivos a alcanzar en el tema, una breve introducción que pone en contexto el tema a estudiar, una serie de preguntas que sirven de guía para el estudio y, por último, como medidor del nivel de avance, y recomendaciones de tipo bibliográfico y/o metodológico.
- Entrenar a los alumnos sobre la forma adecuada de visualizar los recursos (presentaciones audiovisuales breves de entre 7 y 10 minutos, simulaciones, consulta de libros, revistas).

#### IV. Cuarta etapa: producción de materiales didácticos.

El objetivo de la cuarta etapa de esta modalidad es: elaborar los materiales didácticos que apoyarán las diversas actividades del aula invertida, teniendo en consideración las tecnologías disponibles.

Acciones:

- Elaborar materiales didácticos que apoyarán las diversas actividades del aula invertida y que estarán accesibles en la web y en los diferentes lugares de almacenamiento de la información.
- Producir el material que se utilizará, tomando en cuenta las TIC y las tecnologías con las que se disponen, tanto por parte de los estudiantes y docentes, como de la institución educativa. Lógicamente podrá ser cambiado en dependencia de dónde, con quién y qué materia y contenido se va a trabajar.

#### V. Quinta etapa: desarrollo de las actividades del aula invertida.

Desarrollar las actividades en esta modalidad tiene como objetivo: desarrollar las actividades de aprendizaje en los temas en que se aplicará el modelo de aula invertida y darles seguimiento a los resultados, de manera que se haga accesible a los estudiantes por diferentes vías los materiales elaborados y se consideren los tres escenarios del aula invertida.

Acciones:

- Desarrollar la primera sesión presencial donde los alumnos revisan el material multimedia preparado (en formatos variados con el fin de que tengan la oportunidad de elegir los que mejor se ajusten a su estilo de aprendizaje y las tecnologías emergentes disponibles).
- Proporcionar material impreso y cuestionarios donde se tomen notas sobre la visualización de las presentaciones.
- Aconsejar a los estudiantes para evitar distracciones y hacer sugerencias para la toma de notas (resumen, síntesis, cuestionamientos) y otros elementos importantes.
- Desarrollar las actividades de aprendizaje de acuerdo a los tres escenarios:

Escenario 1: antes de la clase.

El estudiante, mediante el uso de las tecnologías disponibles en el hogar, deberá cumplir con las actividades encomendadas por su docente en lo que respecta a la revisión del material que fue enviado, subido a la web institucional o que reposa en la nube, lógicamente, acatando y cumpliendo con todo lo sugerido para poder estar listo para acudir a su encuentro presencial.

Cada estudiante debe mantener una continua comunicación con el docente, quien lo apoyará en las dudas que se presenten; además, recibirá la ayuda de sus compañeros por diversas vías.

Para el desarrollo de las actividades antes de la clase, los estudiantes se apoyarán en los videos de YouTube, los podcasts, las presentaciones, el foro virtual, los dispositivos móviles y en particular el BYOD, las redes sociales, el AVAC, la nube y los códigos QR, entre otros.

Escenario 2: durante la clase.

Adecuar el aula y/o el laboratorio físicamente para desarrollar el trabajo rotativo en pequeños grupos, de modo que proporcione herramientas, equipos tecnológicos al interior (en la medida de lo posible) que apoyen las investigaciones de los estudiantes.

Una vez solucionadas las dudas o cuestiones, el profesor hace un breve resumen de los puntos fundamentales del contenido de la guía.

Abordar situaciones experimentales de uso práctico del tema en cuestión, variando los niveles de complejidad. El resto del tiempo del aula se dedica a realizar actividades prácticas, resolución de problemas, avances de los proyectos parciales individuales o por pareja y del proyecto final por equipo que lleva una presentación oral.

Revisar en pequeños grupos los cuestionarios asignados (que han sido trabajados individualmente en el tiempo fuera de clase) y una vez discutidas las respuestas, se prepara

una pequeña exposición al grupo. Se propone aplicar cuestionarios (y material similar) periódica y aleatoriamente, lo cual permite incitar el compromiso de preparación previa y recolectar evidencias de trabajo.

Orientar el trabajo extraclase.

Para el desarrollo de las actividades durante la clase, los estudiantes se apoyarán en los videos de YouTube, los podcasts, las presentaciones, el foro virtual, los dispositivos móviles y en particular el BYOD, las redes sociales, el AVAC, la nube, robótica, markerspace, videojuegos, códigos QR e impresión 3D, entre otros.

Escenario 3: después de la clase.

Resolver, por parte de los estudiantes, las tareas extraclase (problemas, casos, proyectos) y colocarlas en un blog personal en la nube con los resultados y los métodos empleados. Durante todo este proceso, los intercambian con sus compañeros y con el docente.

Retroalimentar a los estudiantes con dificultades a través de diferentes vías. Motivar a los alumnos a explorar otros temas de interés más allá del currículo. Evaluar el aprendizaje de los estudiantes (autoevaluación, coevaluación y heteroevaluación).

Colocar los resultados de la evaluación del aprendizaje en el AVAC, con los comentarios para cada alumno.

Para el desarrollo de las actividades después de la clase, los estudiantes se apoyarán en los videos de YouTube, los podcasts, las presentaciones, el foro virtual, los dispositivos móviles y en particular el BYOD, las redes sociales, el AVAC, la nube, robótica, markerspace, videojuegos, blog, códigos QR e impresión 3D, entre otros.

#### VI. Sexta etapa: evaluación y retroalimentación

La sexta etapa, de evaluación y retroalimentación, presenta como objetivos:

- a) Evaluar de manera formativa y sumativa los resultados del aprendizaje de los estudiantes a partir de diferentes instrumentos.
- b) A partir de los resultados, se avanza, se rediseña o bien se le permite a cada estudiante regresar al tema y mejorar sus notas en una segunda aplicación, proporcionando un 50 % de valor a la parte formativa y otro 50 % a la sumativa, en la cual cada docente decide el porcentaje de logro para ser considerado aprobatorio (75 %, 80 % y 90 %).
- c) Valorar el modelo aplicado por diferentes vías, a partir de la recolección de criterios de estudiantes y docentes.

Acciones:

- Evaluar de manera formativa como evidencia del proceso de aprendizaje (cuestionamientos cara a cara, ejercicios donde los estudiantes apliquen los conceptos revisados).
- Realizar evaluación sumativa periódicamente con pruebas escritas o demostración de una actividad asignada, de preferencia mediante evaluaciones computarizadas, ya que aportan resultados inmediatos, retroalimentación, seguimiento y pueden intercambiar el orden de los ítems para cada evaluado en distintos momentos.
- Retroalimentar el proceso de acuerdo a los resultados obtenidos, así se avanza, se rediseña o bien se le permite a cada estudiante regresar al tema y mejorar sus notas en una segunda aplicación, proporcionando un 50 % de valor a la parte formativa y otro 50 % a la sumativa, en la cual cada docente decide el porcentaje de logro para ser considerado aprobatorio (75 %, 80 % y 90 %).
- Valorar el modelo aplicado, a partir de la recolección de criterios de estudiantes y docentes.

#### VII. Séptima etapa: cierre.

El cierre de este modelo busca explicar los resultados obtenidos que se presentaron, según los resultados de la evaluación de la etapa anterior.

Acciones:

- Realizar la puesta en común de la actividad central de cierre del proceso en la que los estudiantes han de tener una participación activa.
- Anunciar y describir el próximo material digital que se publicará y/o distribuirá.
- Comenzar un nuevo ciclo del aula invertida.

En el aula invertida debe primar la comunicación asertiva y la retroalimentación oportuna, ya que contempla la actividad en clase y la orientación directa, primero con pares en trabajo colaborativo y segundo con el maestro como guía en clase, para llevar a la aplicación los conceptos que previamente los estudiantes han trabajado. Además, los alumnos para adaptarse a este cambio requieren de una motivación y un trabajo adicional para interiorizar conceptos y temáticas y ser conscientes de su aprendizaje, de la toma de notas y de cuestionarse frente a las lecciones tomadas. El modelo propuesto es propicio para generar aprendizajes, pues conduce al alumno a comprender que la enseñanza parte de sí mismo, no de una clase magistral, de modo que tiene la responsabilidad y la autonomía para aprender. Es en la praxis donde encuentra sentido el aprendizaje y es donde, seguramente,

se requerirá la ayuda del docente, como mediador entre el estudiante, los contenidos, los contextos y los recursos.

### **1.7. Roles dentro de la tipología de Aula Invertida.**

#### **Rol del profesor:**

Al darle la vuelta a la clase, el rol como docente también debe de darse la vuelta. El profesor aquí toma el papel de guía en el proceso educativo, y apoya a los estudiantes en la resolución de los problemas en las actividades.

Entre las competencias del docente en Flipped Learning podemos encontrar:

- ✓ Habilidades (en inglés: skills) que debe poseer un profesor en el modelo de aprendizaje Flipped Classroom.
- ✓ Detectar el potencial del alumno tanto en las diferentes áreas curriculares como en sus habilidades sociales y personales.
- ✓ Debe de tratar que los alumnos aprendan por descubrimiento para así afianzar sus aprendizajes y sean significativos.
- ✓ Fomentar la motivación ayudándose del Aprendizaje Basado en el Pensamiento, ya que con las rutinas y destrezas del pensamiento el alumno aprende más y mejor.
- ✓ Dar autonomía al alumno para así conseguir alumnos autónomos y reflexivos. capaces de liderar su propia vida.
- ✓ Enseñar y aprender a pensar, dotando al ambiente del proceso de un carácter crítico y participativo.
- ✓ Responder y solucionar las dudas que tengan los alumnos.
- ✓ Proporcionar retroalimentación periódicamente.
- ✓ Proporcionar motivación y recordar las tareas a lo largo del curso.
- ✓ Identificar los obstáculos y dificultades que se presentan para ofrecer la ayuda necesaria al alumno.

#### **Rol del alumno:**

El alumno se convierte en el protagonista del proceso de aprendizaje. Adquiere un papel activo, ya que tiene la responsabilidad de su aprendizaje de forma activa, participativa, autónoma, comunicativa, y colaborativa.

El alumno puede elegir el tipo de material que mejor se ajusta a su forma de aprender, además, puede trabajar a su propio ritmo, evitando así que la clase tenga que aumentar o reducir el ritmo para esperar o alcanzar a otros alumnos. También, los alumnos tienen más posibilidades de participar en la toma de decisiones al colaborar con otros compañeros de clase, resolviendo problemas y desarrollando un pensamiento crítico. El uso de flipped

classroom, permite diseñar itinerarios personalizados del aprendizaje, teniendo en cuenta los puntos fuertes, debilidades e intereses del alumnado.

El estudiante construye su conocimiento mediante la búsqueda y síntesis de información, e integrándola con competencias de comunicación, indagación, pensamiento reflexivo, resolución de problemas, etc. Debe hacer suya la información y transformarla en conocimiento significativo y funcional para él. Tiene un papel como colaborador y algunas veces experto.

Fuera del aula y antes de cada clase, el alumno es el responsable de trabajar de manera autónoma los materiales facilitados por el docente. Es competente en la organización y planificación de las tareas, y en el tratamiento de la información para aprender a aprender, así como en el manejo de las Nuevas Tecnologías.

En el aula, al comienzo de la clase, tiene preguntas concretas en su mente para dirigir su aprendizaje. Durante la clase, participa y colabora en el grupo en la realización de actividades prácticas propuestas por el docente. Los estudiantes interaccionan entre sí, y se ayudan mutuamente. Son competentes en el trabajo en equipo y colaborativo.

Después de clase, sigue aplicando los conocimientos adquiridos tras las recomendaciones del profesor.

La metodología de aula invertida permite al alumnado dejar de ser un receptor de información que luego ha de gestionar en su domicilio donde ha de realizar las actividades marcadas por el docente y que no siempre termina comprendiendo. Ahora es el protagonista de su aprendizaje, por tanto, adquiere una mayor responsabilidad ante el proceso. Su aprendizaje ahora es más significativo, al adquirir en casa los conocimientos necesarios luego los podrá aplicar en el aula realizando actividades de profundización mediante proyectos y trabajo cooperativo. La *Flipped Classroom* permite que el alumnado revise los contenidos tantas veces como desee o necesite, de este modo no depende del ritmo de aprendizaje de sus compañeros. Se favorecerá la cohesión grupal, al realizar más actividades de modo cooperativo. Por tanto, el alumno de esta metodología debe ser:

- Autónomo, ya que debe trabajar en casa los contenidos que se le facilitan.
- Activo.
- Competente para el trabajo en equipo.

#### **Rol de la familia:**

En edades inferiores tenemos que tener muy en cuenta el rol de las familias en el proceso enseñanza aprendizaje y sobre todo cuando desarrollamos esta metodología conocida como aula invertida. Es importante informar a las familias sobre la evolución del proceso



haciendo hincapié en la forma que tendrán los maestros de enseñar y además la forma de evaluar.

Hay una gran diversidad de tipología de familias en cuanto a la involucración en la educación de sus hijos, existiendo familias muy despreocupadas y donde prima la dejadez ante la educación de sus hijos, algo totalmente contrario a la tipología de familia que necesitamos para desarrollar esta metodología.

La mayoría de las veces las familias se muestran con una gran incertidumbre ante cambios innovadores como la utilización de esta metodología. La mejor solución para evitar opiniones no deseadas ante estos cambios es la comunicación entre ambas partes para que en todo momento estén informados de las premisas que se pueden desarrollar con esta metodología como es por ejemplo reuniones generales o tutorías personales para hablar sobre el canal, el sitio web donde estará la información, tipo de evaluación, etc.

Al compartir los docentes la información con las familias mediante las herramientas que se utilicen en clase, se les permite poder ampliar sus conocimientos sobre los contenidos que sus hijos estén viendo en la escuela, tener una mayor práctica con las TIC como los ordenadores, teléfonos móviles..., para aquellos que no estén muy familiarizado con estos dispositivos. Por lo que, de una forma indirecta, también les va a permitir a ellos aprender simultáneamente sus hijos. No sólo los padres, sino toda la familia, pueden ver y obtener conocimientos sobre algún tema en concreto fuera del aula. Por lo que esos audios y vídeos están educando de forma indirecta a muchas personas que no forman parte de la comunidad educativa.

### **Conclusiones parciales del Capítulo I:**

1. Desde el año 1977 hasta la fecha se han aplicado cinco generaciones de planes de estudio, como resultado de los cambios económicos, culturales y sociales que ha experimentado el país en respuesta a las condiciones del contexto nacional e internacional en que está inmerso, por lo que en la actualidad el Ministerio de Educación Superior se encuentra en la aplicación del nuevo Plan de estudio E.
2. Esta generación de planes de estudio (Plan de estudio “E”) está enfocada en el desarrollo de un modelo de formación de perfil amplio enfocándolo al logro de una mayor pertinencia de las carreras y universidades a las necesidades y demandas socioeconómicas actuales del país, para ello implementa nuevas modalidades de estudio tales como el estudio a distancia y semipresencial (Aula Invertida); manteniendo también las tradicionales.
3. El proceso docente – educativo o proceso de enseñanza – aprendizaje integra lo cognitivo y lo afectivo, lo instructivo y lo educativo, lo psicológico y pedagógico, requisitos esenciales para contribuir a la formación integral del estudiante.
4. El modelo de enseñanza de aula invertida consiste en trasladar una parte o la mayoría de la instrucción directa al exterior del aula, para aprovechar el tiempo en clase, maximizar las interacciones entre profesor y estudiante y entre estos entre sí, apoyados en tecnologías emergentes.

## **Capítulo II: Derivación del diseño curricular de la carrera y análisis de la disciplina “Organización de procesos y puestos de trabajo”.**

En este capítulo se realiza un análisis sistémico de la disciplina Ingeniería del Factor Humano para el plan de estudios “E”, partiendo del problema que resuelve el Ingeniero Industrial y su derivación en los demás niveles pedagógicos.

Se presenta además, la metodología de estudio para la activación de la asignatura “Organización de procesos y puestos de trabajo” en la disciplina, teniendo en cuenta las asignaturas básicas del currículo, la confección del programa de la asignatura y el plan calendario, iniciados por (Villa Sánchez & Enríquez Castellano, 2020).

### **2.1. Problema profesional del Ingeniero Industrial y su derivación en la disciplina Ingeniería Del Factor Humano en el plan “E”.**

El problema es uno de los componentes de estado del proceso docente educativo. Se expresa como una necesidad de la realidad social que debe resolverse a través de la enseñanza. En cada época histórica, el diseño curricular de las carreras debe responder a un problema profesional concreto a resolver por el egresado. Para el plan de estudios E de Ingeniería Industrial se ha planteado el siguiente:

#### **Problema profesional general que resuelve el ingeniero industrial.**

Analizar, diseñar, operar, controlar y mejorar procesos de producción y servicios en toda la cadena de valor con el objetivo de lograr eficacia, eficiencia y sostenibilidad; considerando, con un enfoque sistémico, integrador y humanista, las interrelaciones entre los materiales, recursos humanos, de conocimiento e información, financieros, energéticos y de equipamiento, y preservando el medioambiente.

#### **Esfera de actuación profesional.**

La coordinación de los materiales, recursos humanos, de equipamiento, de conocimiento, información, financieros, energéticos, y del medioambiente con el objetivo de obtener eficiencia, eficacia y desarrollo sostenible en procesos de producción y servicios.

#### **Principales funciones profesionales:**

1. Diseño, operación, control y mejora de los procesos de producción y servicios en toda la cadena de valor con el objetivo de mejorar los niveles de eficacia, eficiencia y sostenibilidad, considerando, con un enfoque sistémico, integrador y humanista, las características e interrelaciones entre los materiales, recursos humanos, de conocimiento e información, financieros, energéticos y de equipamiento, y preservando el medioambiente.
2. Recolección de datos de un proceso, aplicarles técnicas de modelación estadística y de tecnologías de la información, para ganar conocimientos sobre el mismo y reflejarlo en

informes capaces de sustentar decisiones que conduzcan al éxito, así como a la solución de problemas asociados a los procesos de producción o servicio.

3. Interpretación y aplicación de las regulaciones principales del país en su campo de actuación, así como las normas y recomendaciones de diferentes organismos internacionales como Organización Internacional de Normalización (ISO), Organización Internacional del Trabajo (OIT), Organización Mundial de Salud (OMS), Organización Mundial del Comercio (OMC) y Comité Internacional de Electrotecnia (IEC).

4. Asimilación y comunicación eficientemente, en forma oral y escrita, de las nuevas tecnologías relacionadas con la especialidad.

Estas funciones profesionales se derivan tanto verticalmente (por disciplinas), como horizontalmente (por años de la carrera). A continuación, se realiza la derivación en la disciplina IFH.

#### **2.1.1. Problema que resuelve la disciplina Ingeniería del Factor Humano.**

Alcanzar en las organizaciones productivas y de servicio, las condiciones óptimas de integración de las capacidades físicas y mentales del hombre con los medios de producción y su ambiente laboral, para el incremento de la productividad del trabajo, con criterios de sostenibilidad, a partir de la aplicación de métodos, técnicas y herramientas de ingeniería y las tecnologías de la Información y las Comunicaciones.

#### **Objeto de la disciplina:**

El capital humano en su ambiente de trabajo, es decir, el centro del objeto de la disciplina es el hombre, pero en su integración con las tecnologías de fabricación o servicios, los procesos de información y el ambiente de trabajo.

#### **Campo de acción:**

La ingeniería de método, la ergonomía, la seguridad y salud en el trabajo y el estudio de los tiempos y la gestión integrada de los recursos humanos.

#### **Objetivo general de la disciplina:**

Analizar, diseñar y gestionar el trabajo de las personas en los procesos de producción y servicios en su relación con otras, con los medios de trabajo, la materia prima y los materiales, la energía, la información y con otros elementos del medio ambiente; con el objetivo de lograr eficiencia y eficacia dentro de un ambiente laboral que promueva calidad de vida en el trabajo, el mejoramiento continuo y el incremento sostenido de la productividad del trabajo y la satisfacción de los trabajadores; mediante la utilización de los principios, métodos, técnicas y herramientas de la Ingeniería del Factor Humano.

### **Habilidades principales a dominar en la disciplina:**

- Calcular el nivel y variación de la productividad del trabajo, determinar reservas y proyectar su incremento.
- Elaborar registros, analizar, diseñar y mejorar los métodos de trabajo en procesos de producción y servicios hasta el nivel de puestos de trabajo.
- Realizar el balance de carga y capacidad en los procesos.
- Realizar estudios de tiempos de trabajo para la determinación de normas y normativas de trabajo.
- Calcular, analizar y mejorar el aprovechamiento de la jornada laboral.
- Realizar mediciones y experimentos para evaluar, diseñar y mejorar ergonómicamente los puestos, medios y métodos de trabajo, y el ambiente laboral acorde a las características y capacidades psicofisiológicas del hombre.
- Proyectar soluciones a los problemas detectados en el ambiente laboral.
- Aplicar métodos y técnicas para la identificación, evaluación y control de riesgos laborales en procesos de producción y servicios hasta el nivel de puestos de trabajo.
- Diagnosticar y mejorar el sistema de gestión del capital humano existente en la organización.
- Utilizar software especializado para el análisis, la evaluación y el diseño en los diferentes temas de la disciplina.
- Aplicar el Método General de Solución de Problemas en la disciplina.

#### **2.1.2. Estructuración de la disciplina para el plan E.**

Dado que el objetivo de esta tesis de grado es el diseño curricular de la asignatura **“Organización de procesos y puestos de trabajo”**, para su inclusión en el currículum de la carrera Ingeniería Industrial, previamente se define el sistema de habilidades a dominar por cada asignatura de la disciplina, de la cual ella forma parte, y se establecen las habilidades específicas a lograr en todas las actividades incluidas en el plan calendario de la asignatura objeto de diseño.

La disciplina se ha estructurado en 4 asignaturas del currículum base. Se pueden añadir además aquellas del currículum optativo electivo que se decidan por el colectivo de carrera. En la tabla 2.1 se muestra las asignaturas correspondientes al currículum base comprendidas en la disciplina de Ingeniería del Factor Humano las cuales son:

**Tabla 2.1.** Asignaturas correspondientes a la disciplina de Ingeniería del Factor Humano con el fondo de tiempo y el año en que se impartirá. **Fuente:** Elaboración propia.

| Asignaturas.                        | Año.            | Fondo de Tiempo. |
|-------------------------------------|-----------------|------------------|
| Organización de Procesos y Puestos. | 3 <sup>ro</sup> | 72               |
| Seguridad y Salud en el Trabajo.    | 4 <sup>to</sup> | 48               |
| Estudio de Tiempos y Recompensas.   | 4 <sup>to</sup> | 56               |
| Gestión de Recursos Humanos         | 4 <sup>to</sup> | 32               |

### **Sistema de habilidades por asignaturas.**

#### **Organización de procesos y puestos.**

1. Aplicar el método general de solución de problemas, como enfoque metodológico en la solución de problemas de estudio del trabajo.
2. Registrar y analizar críticamente el estado de los métodos de trabajo en los procesos y puestos de trabajo.
3. Calcular capacidades de puestos de trabajo y balancear procesos.
4. Determinar, localizar e interpretar la información sobre el ambiente laboral y su interacción con los demás elementos del sistema T-MP-A y utilizar esa información con el objetivo de perfeccionar el sistema.
5. Estimación del Gasto Energético a partir de los componentes de la actividad.
6. Determinar, localizar e interpretar la información necesaria sobre las características psicofisiológicas y antropométricas del hombre con el objetivo de diseñar o perfeccionar las actividades donde el trabajo físico es de mayor intensidad.
7. Realizar mediciones y experimentar para evaluar los efectos en las relaciones que se establecen entre el trabajador y los demás elementos del sistema T-MP-A con el objetivo de perfeccionar estas relaciones.
8. Aplicar métodos (Método de Regresión Lineal y Prueba del Escalón) para determinar la capacidad de trabajo físico del hombre.
9. Aplicar métodos (RULA, REBA, OWAS, NIOSH), para la evaluación de las exposiciones individuales en cuanto a posturas, fuerzas y actividades musculares.
10. Determinar el nivel y variación de la productividad del trabajo por diferentes métodos. Proyectar el incremento planificado de la productividad de trabajo.

#### **Estudio de Tiempos de trabajo y Recompensas.**

1. Aplicar técnicas continuas y discontinuas para la determinación del aprovechamiento de la jornada de trabajo.
2. Analizar el aprovechamiento del tiempo de trabajo de equipos y trabajadores y proponer mejoras en procesos y operaciones.

3. Aplicar técnicas de medición del trabajo para determinar los tiempos de ejecución de las actividades.
4. Confeccionar normas y normativas de trabajo.
5. Aplicar técnicas de simulación en los sistemas hombre máquina en busca de su optimización.
6. Evaluar y diseñar sistemas de estimulación al trabajo.

#### **Seguridad y salud en el trabajo.**

1. Evaluar la presencia de los riesgos de accidentes y enfermedades profesionales en áreas y puestos de trabajo.
2. Proyectar medidas de control con el objetivo de eliminar o reducir los riesgos ambientales presentes en los puestos y áreas de trabajo teniendo en cuenta aspectos técnicos y económicos.
3. Determinar las medidas técnico-organizativas que eviten la ocurrencia de accidentes de trabajo e incendios.

#### **Gestión de los Recursos Humanos.**

1. Evaluar y diseñar propuestas para elevar el desempeño del sistema de GCH en la organización.
2. Caracterizar sistemas, procesos y actividades de gestión de capital humano.
3. Diseñar procesos y actividades de gestión de capital humano.
4. Evaluar sistemas, procesos y actividades de gestión de capital humano.

##### **2.1.2.1. Habilidades a desarrollar en actividades prácticas en la asignatura: “Organización de procesos y puestos”.**

A partir del sistema de habilidades a desarrollar, se realiza a continuación, una derivación de estas para la asignatura de **Organización de procesos y puestos**, para la cual ya se ha realizado un conjunto de casos integradores, los cuales se recogen en el Manual de casos prácticos(Villa Sánchez & Enríquez Castellano, 2020), los mismos servirán como base para la conformación y estructuración de las clases prácticas en dicha asignatura.

Como paso previo para realizar tal derivación, se ha elaborado el programa y los planes calendarios de las modalidades presencial y semipresencial de la asignatura: **Organización de procesos y puestos**. Esta información aparece en los **epígrafes subsiguientes 2.2, 2.3**. En las tablas 2.2, 2.3 y 2.4 se muestran las habilidades a desarrollar en las actividades prácticas de la asignatura (clases prácticas, talleres y laboratorios respectivamente).

**Tabla 2.2:** Habilidades a desarrollar en clases prácticas de la asignatura Organización de procesos y puestos. **Fuente:** Elaboración propia.

|                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Clases prácticas No 1 y 2:</b> Aplicación de los métodos de cálculo de la productividad del trabajo y su dinámica. |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Habilidad</b>                                                                                                      | <b>Operaciones</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Caracterizar el proceso u operación en estudio.                                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis de las entradas y salidas del proceso.</li> <li>• Seleccionar las entradas y salidas esenciales para la medición de la PT.</li> <li>• Medir u obtener los valores de dichas variables.</li> </ul>                                                                                     |
| Seleccionar el método de cálculo de la PT.                                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar los métodos existentes.</li> <li>• Clasificar los métodos según su propósito.</li> <li>• Elegir el método adecuado a las características del proceso.</li> </ul>                                                                                                                   |
| Calcular la PT y su dinámica.                                                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicar las fórmulas de cálculo.</li> <li>• Analizar los resultados obtenidos, considerando posibles elementos perturbadores.</li> <li>• Comparar con períodos anteriores.</li> </ul>                                                                                                          |
| Interpretar los resultados.                                                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaborar conclusiones acerca de la dinámica de la PT.</li> <li>• Identificar factores que afectan la PT.</li> <li>• Proponer reservas de incremento a la PT.</li> </ul>                                                                                                                        |
| <b>Clase práctica No 3:</b> Registro y examen crítico del método.                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Habilidad</b>                                                                                                      | <b>Operaciones</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Registrar procesos y actividades                                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Interpretar la norma de registro al método de trabajo.</li> <li>• Recopilar la información disponible de cada actividad.</li> <li>• Describir actividades utilizando los símbolos y reglas básicas.</li> <li>• Formalizar el registro a través de un diagrama.</li> </ul>                      |
| Examinar críticamente el método actual.                                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar las técnicas de análisis crítico, disponibles en la literatura.</li> <li>• Seleccionar la técnica a utilizar.</li> <li>• Aplicar la técnica a nivel de proceso y para todas sus actividades.</li> <li>• Proponer mejoras al método actual, derivadas del análisis.</li> </ul>      |
| <b>Clases prácticas No 4 y 5:</b> Balance de procesos masivos.                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Habilidad</b>                                                                                                      | <b>Operaciones</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Seleccionar el procedimiento de balance apropiado.                                                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar los procedimientos de balance en la literatura.</li> <li>• Examinar el objetivo del balance de flujo.</li> <li>• Elegir el procedimiento que da respuesta al objetivo.</li> </ul>                                                                                                  |
| Realizar el balance de procesos de producción en masa.                                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicar el procedimiento elegido (Según el objetivo).</li> <li>• Calcular capacidades reales de las actividades.</li> <li>• Determinar volúmenes a producir por el sistema.</li> <li>• Determinar recursos por actividades.</li> <li>• Calcular niveles de utilización de recursos.</li> </ul> |
| Sintetizar los resultados obtenidos                                                                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Presentar el nivel de producción o servicio.</li> <li>• Presentar balance de recursos.</li> <li>• Proponer plan de acciones de mejora a la capacidad del sistema.</li> </ul>                                                                                                                   |
| <b>Clase práctica No 6:</b> Estudio de métodos en puestos móviles.                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Habilidad</b>                                                                                                      | <b>Operaciones</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |



|                                                                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Seleccionar las operaciones para el estudio del método en puestos móviles.                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Clasificar las operaciones según diferentes criterios.</li> <li>• Identificar las operaciones manuales y mecánico - manuales.</li> <li>• Identificar operaciones móviles.</li> <li>• Seleccionar la operación del proceso a estudiar.</li> </ul>                                                                                                                              |
| Seleccionar las herramientas de registro.                                                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Realizar un resumen sobre el compendio de herramientas a utilizar en los métodos en puestos de trabajo.</li> <li>• Identificar las herramientas adecuadas para el registro del método en puestos móviles.</li> <li>• Seleccionar la herramienta a utilizar (Diagrama del trabajador, diagrama de recorrido, diagrama de hilo, hoja de análisis de los movimientos)</li> </ul> |
| Buscar información necesaria para aplicar las técnicas de registro.                                                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar la información pertinente al caso.</li> <li>• Resumir la información en el formato adecuado.</li> <li>• Formalizar el registro.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                        |
| Realizar el examen crítico y la mejora al método.                                                                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicar las listas de chequeo para el examen crítico al método actual.</li> <li>• Formalizar el nuevo método.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Clase práctica No 7:</b> Métodos de trabajo en puestos fijos. Economía de movimientos. Diagrama bimanual.                    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Habilidad</b>                                                                                                                | <b>Operaciones</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Seleccionar las operaciones para el estudio del método en puestos fijos.                                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Clasificar las operaciones según diferentes criterios.</li> <li>• Identificar las operaciones manuales y mecánico - manuales.</li> <li>• Identificar operaciones realizadas en puestos fijos.</li> <li>• Seleccionar la operación del proceso a estudiar.</li> </ul>                                                                                                          |
| Realizar el registro del método actual.                                                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Buscar la información necesaria.</li> <li>• Aplicar el diagrama bimanual.</li> <li>• Realizar resumen del diagrama.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                |
| Realizar examen crítico al método actual.                                                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar el balance de actividades del diagrama para ambas manos.</li> <li>• Analizar el cumplimiento de los principios de economía de movimientos.</li> <li>• Aplicar listas de chequeo para el análisis.</li> </ul>                                                                                                                                                         |
| Realizar propuesta de mejora al método.                                                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Medir variables antropométricas de los obreros.</li> <li>• Realizar cálculos para el diseño del puesto.</li> <li>• Presentar nuevo diseño del puesto de trabajo.</li> <li>• Diseñar herramientas y dispositivos.</li> <li>• Presentar diagrama bimanual del nuevo método.</li> </ul>                                                                                          |
| <b>Clase práctica No 8:</b> Métodos de trabajo en puestos multimáquinas. Interferencia de máquinas. Diagrama de hombre máquina. |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>Habilidad</b>                                                                                                                | <b>Operaciones</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Seleccionar las operaciones para el estudio del método en puestos multimáquinas.                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Clasificar las operaciones según diferentes criterios.</li> <li>• Identificar las operaciones donde se realiza trabajo coordinado entre uno o varios hombres con una o varias máquinas, o entre ellos.</li> <li>• Seleccionar la operación del proceso a estudiar.</li> </ul>                                                                                                 |
| Realizar el registro del método actual.                                                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Buscar la información necesaria.</li> <li>• Aplicar el diagrama de coordinación.</li> <li>• Realizar resumen del diagrama. Balance entre</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                           |

|                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                        | actividades independientes, combinadas y ociosas.                                                                                                                                                                                                                           |
| Realizar examen crítico al método actual.                                                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar el balance de actividades del diagrama.</li> <li>• Aplicar lista de chequeo para el análisis.</li> <li>• Proponer acciones de mejora al método.</li> </ul>                                                                |
| Realizar propuesta de mejora al método.                                                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Presentar nuevo diagrama de coordinación.</li> <li>• Realizar nueva división del trabajo entre los operarios.</li> <li>• Realizar cálculos de fuerza de trabajo, aprovechamiento del tiempo de trabajo, costos.</li> </ul>         |
| <b>Clase práctica No 9:</b> Métodos de trabajo en puestos de servicio, administrativos o de oficinas.  |                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Habilidad</b>                                                                                       | <b>Operaciones</b>                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Aplicar el procedimiento de estudio de métodos al trabajo de oficinas.                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar las etapas para el estudio de métodos en oficinas.</li> <li>• Identificar las diferencias de su aplicación con respecto a los procesos de fabricación.</li> </ul>                                                      |
| Registrar los procedimientos, actividades y métodos de trabajo.                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Seleccionar los diagramas adecuados.</li> <li>• Utilizar normas para registro de flujos de información.</li> <li>• Formalizar los diagramas de flujo.</li> </ul>                                                                   |
| Concebir y diseñar registros de información.                                                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar los documentos y registros necesarios.</li> <li>• Determinar los requerimientos de los registros necesarios.</li> <li>• Mejorar o diseñar los registros.</li> </ul>                                                    |
| Realizar mejoras a la disposición de las oficinas.                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinar la cantidad de puestos de trabajo.</li> <li>• Establecer la comunicación entre puestos de trabajo.</li> <li>• Diseño de los puestos de trabajo individuales.</li> <li>• Establecer la distribución espacial.</li> </ul> |
| <b>Clase práctica No 10:</b> Estimación del gasto energético. Carga de trabajo físico. Carga postural. |                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Habilidad</b>                                                                                       | <b>Operaciones</b>                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Por definir                                                                                            | Por definir                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Clase práctica No 11:</b> Estimación del gasto energético. Carga de trabajo físico. Carga postural. |                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <b>Habilidad</b>                                                                                       | <b>Operaciones</b>                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Por definir                                                                                            | Por definir                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                             |

**Tabla 2.3:** Habilidades a desarrollar en los talleres de la asignatura Organización de procesos y puestos. **Fuente:** Elaboración propia.

|                                                                                                            |                                                                                                                                                                                           |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Talleres 1 y 2:</b> Talleres integradores de los temas 2 y 3. Métodos en procesos y puestos de trabajo. |                                                                                                                                                                                           |
| <b>Habilidad</b>                                                                                           | <b>Operaciones</b>                                                                                                                                                                        |
| Analizar la formulación de los casos elaborados en el contexto laboral.                                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Presentación del caso por equipos.</li> <li>• Análisis de los componentes del caso.</li> <li>• Presentar las soluciones preliminares.</li> </ul> |
| En trabajo independiente por equipos, rectificar errores de formulación y soluciones.                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reformular el planteamiento del caso.</li> <li>• Rectificar soluciones.</li> <li>• Conformar el diseño definitivo del caso.</li> </ul>           |

**Tabla 2.4:** Habilidades a desarrollar en los laboratorios de la asignatura Organización de procesos y puestos. **Fuente:** Elaboración propia.

| <b>Laboratorio No 1: Carga de trabajo físico.</b>                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Etapas preparatoria</b>                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Habilidad</b>                                                                               | <b>Operaciones</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Realizar una síntesis de las orientaciones que emite el profesor.                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Extraer las ideas esenciales del documento, relacionadas con los métodos de estimación de la capacidad de trabajo físico.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                        |
| Definir los conceptos de capacidad de trabajo físico, metabolismo basal y frecuencia cardíaca. | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar los rasgos esenciales de la capacidad de trabajo físico, metabolismo basal y frecuencia cardíaca.</li> <li>• Enunciar de forma sintética los tres conceptos.</li> <li>• Citar ejemplos de comportamientos normales de cada uno en un individuo.</li> </ul>                                                                         |
| Búsqueda de información adicional en bases de datos y otras fuentes.                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conexión a la intranet.</li> <li>• Bajar documentos relacionados en revistas y normas.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>Etapas de realización.</b>                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Preparar el experimento.                                                                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Elegir el sujeto que se someterá a la prueba.</li> <li>• Determinación de la capacidad vital.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                    |
| Obtener la información necesaria sobre el sujeto y el ambiente.                                | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Medir peso y talla.</li> <li>• Buscar en nomograma la superficie corporal.</li> <li>• Determinar metabolismo basal del individuo.</li> <li>• Medir variables microclimáticas (Temperatura de bulbo seco, temperatura de bulbo húmedo, temperatura de globo y humedad relativa).</li> </ul>                                                  |
| Medir el gasto energético                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Asignar y controlar cargas en el veloergómetro.</li> <li>• Medir ritmo cardíaco al terminar cada carga.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                          |
| Estimar la capacidad de trabajo físico                                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicar la técnica de regresión simple para ajustar el modelo.</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <b>Etapas de conclusiones.</b>                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| <b>Habilidad</b>                                                                               | <b>Operaciones</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| Interpretar los resultados                                                                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Formular el (los) modelo (s) de regresión simple.</li> <li>• Relacionar las dos variables, es decir, la carga y el ritmo cardíaco.</li> <li>• Obtener el modelo de mejor ajuste.</li> <li>• Encontrar la lógica a las conclusiones encontradas.</li> <li>• Elaborar las conclusiones acerca de estas variables y sus relaciones.</li> </ul> |
| Argumentar los resultados                                                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Seleccionar los argumentos y hechos para la argumentación.</li> <li>• Determinar si el sujeto está apto para desarrollar un tipo determinado de actividad.</li> </ul>                                                                                                                                                                       |
| Comunicar los resultados obtenidos.                                                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Trabajar en equipo para elaborar el informe.</li> <li>• Escribir el informe utilizando normas de presentación de un informe técnico (se incluyen la presentación de las tablas y gráficos que se obtengan como resultado de los experimentos).</li> <li>• Defender en forma oral y en equipo los resultados.</li> </ul>                     |

## 2.2. Programa de la asignatura “Organización de procesos y puestos de trabajo.”

Un programa de estudio es la formulación hipotética de los aprendizajes, que se pretenden lograr en una unidad didáctica de las que componen el plan de estudios, documento éste que marca las líneas generales que orientan la formulación de los programas de las unidades que lo componen(Panza, 2022).

En el programa de la asignatura **Organización de procesos y puestos de trabajo** se indica el porqué de la existencia de la asignatura, lo que se desea lograr, lo que se pretende enseñar y la forma como se verificará el logro de los resultados; con el uso de prácticas de una educación básica para la planeación, la organización y la evaluación de los procesos de aprendizaje de manera presencial y semipresencial, a través de la utilización de técnicas de evaluación correspondientes a la tipología de aula invertida.

Dicho programa mantiene una estructura de programa sintético ya que se fragmenta en diferentes unidades para ser presentadas a los estudiantes separadamente y de forma gradual.

Este programa de estudio de la asignatura organiza y orienta el trabajo pedagógico del año escolar, proponiendo al docente un ordenamiento de los Objetivos de Aprendizaje (OA) determinados en las Bases Curriculares de la Carrera Ingeniería Industrial.

### 2.2.1. Datos generales de la disciplina y asignatura.

En las tablas que a continuación se muestran (tabla 2.5, 2.6 y 2.7) se especifican la localización de la asignatura en el plan del proceso docente, la distribución de horas por temas y formas de enseñanza para CRD y la distribución de horas por temas y formas de enseñanza para CRE, respectivamente.

**Tabla 2.5:** Localización de la asignatura en el plan del proceso docente. **Fuente:** Elaboración propia.

| Modalidad      | Año             | Semestre        | Fondo tiempo | Evaluación   |
|----------------|-----------------|-----------------|--------------|--------------|
| Presencial     | 2 <sup>do</sup> | 2 <sup>do</sup> | 72 horas     | PC           |
| Semipresencial | 3 <sup>ro</sup> | 2 <sup>do</sup> | 48 horas     | Examen final |

**Tabla 2.6:** Distribución de horas por temas y formas de enseñanza para CRD. **Fuente:** Elaboración propia.

| Tema                                                                        | Total | Por forma de enseñanza |    |    |    |    |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------|------------------------|----|----|----|----|
|                                                                             |       | C                      | CP | S  | L  | T  |
| Tema I: El estudio del trabajo y el aumento de la productividad del trabajo | 8     | 4                      | 4  | -- | -- | -- |
| Tema II: Estudio de métodos a nivel de procesos.                            | 22    | 10                     | 6  | 2  | -- | 4  |
| Tema III: Estudio de métodos en puestos de trabajo                          | 42    | 18                     | 12 | 4  | 4  | 4  |
| Totales                                                                     | 72    | 32                     | 22 | 6  | 4  | 8  |

**Tabla 2.7:** Distribución de horas por temas y formas de enseñanza para CPE. **Fuente:** Elaboración propia.

| Tema                                                                        | Total horas | Encuentro No. | H/E |
|-----------------------------------------------------------------------------|-------------|---------------|-----|
| Tema I: El estudio del trabajo y el aumento de la productividad del trabajo | 6           | 1             | 2   |
|                                                                             |             | 2             | 4   |
| Tema II: Estudio de métodos a nivel de procesos.                            | 14          | 3             | 2   |
|                                                                             |             | 4             | 2   |
|                                                                             |             | 5             | 2   |
|                                                                             |             | 6             | 4   |
|                                                                             |             | 7             | 4   |
| Tema III: Estudio de métodos en puestos de trabajo                          | 28          | 8             | 2   |
|                                                                             |             | 9             | 2   |
|                                                                             |             | 10            | 2   |
|                                                                             |             | 11            | 4   |
|                                                                             |             | 12            | 4   |
|                                                                             |             | 13            | 4   |
|                                                                             |             | 14            | 2   |
|                                                                             |             | 15            | 4   |
|                                                                             |             | 16            | 4   |
| Totales                                                                     | 48          |               |     |

#### I. Objetivo general de la asignatura.

Analizar y diseñar el trabajo de los recursos humanos en los procesos de producción y servicios en su relación con los medios de trabajo, la energía, la información y el medio

ambiente, con el objetivo de lograr eficiencia y eficacia dentro de un ambiente laboral que promueva condiciones seguras y confortables, el mejoramiento continuo y el incremento sostenido de la productividad del trabajo, mediante la utilización de los principios, métodos y técnicas de la Ingeniería de métodos y ergonomía.

## **II. Sistema de conocimientos de la asignatura.**

La productividad y su relación con la ingeniería de métodos. Conceptualización de la productividad del trabajo. Métodos para su medición y análisis. Factores de incremento de la productividad a nivel de empresa y procesos.

Estudio de métodos: Definiciones, objetivos y procedimientos. El método general de solución de problemas aplicado a la ingeniería de métodos: Etapas y técnicas. Estudio de métodos en procesos de producción, servicios y administrativos o de oficinas: Técnicas de registro, análisis y mejora. Enfoque metodológico de balance de procesos.

Estudio de métodos en áreas y puestos de trabajo. Elementos de organización del trabajo en el puesto. La división y cooperación del trabajo. Los métodos de trabajo. Técnicas de registro, análisis y mejora de métodos en áreas y puestos de trabajo de diferentes clasificaciones y naturaleza. La organización y servicio al puesto. El servicio de los materiales y maquinarias. El servicio a la fuerza de trabajo. Los aspectos ergonómicos y de seguridad como parte del servicio al puesto.

## **III. Sistema de habilidades.**

1. Calcular el nivel y dinámica de la productividad del trabajo.
2. Analizar las reservas de incremento de la productividad del trabajo y los factores que la afectan.
3. Proyectar el incremento de la productividad del trabajo.
4. Aplicar el método general como enfoque metodológico en la solución de problemas de Ingeniería de métodos.
5. Analizar y diseñar métodos de trabajo en procesos de producción, servicios y administrativos o de oficinas.
6. Calcular cargas y capacidades y realizar balances de procesos para la determinación de los recursos necesarios.
7. Utilizar Software especializados para el balance de cargas y capacidades.
8. Caracterizar los elementos de la organización del trabajo (división y cooperación, métodos y procedimientos de trabajo, condiciones ergonómicas) en puestos de diferente naturaleza y clasificación.
9. Mejorar la división del trabajo en el puesto seleccionado.

10. Registrar, analizar y mejorar métodos de trabajo en áreas y puestos de trabajo.
11. Diseñar ergonómicamente el puesto, considerando las medidas antropométricas de sus ocupantes potenciales.
12. Estimar el gasto energético de la operación, en correspondencia con el método empleado.
13. Calcular el gasto energético del o los ocupantes del puesto.
14. Tomar decisiones de organización del puesto, integrando sus elementos.

## **V. Estructura temática de la asignatura.**

### **Tema I. El estudio del trabajo y el aumento de la productividad.**

#### **Objetivos:**

1. Conocer el método general como enfoque metodológico en la solución de problemas de Ingeniería de métodos.
2. Determinar el nivel y variación de la productividad del trabajo.

#### **Sistema de Conocimientos.**

Introducción a la asignatura. Interrelación entre la productividad y la ingeniería de métodos. Conceptualización de la productividad del trabajo. Métodos para su medición y análisis. Estudio de métodos: Definiciones, objetivos y procedimientos. El método general aplicado a la solución de problemas de ingeniería de métodos: Etapas y técnicas.

#### **Sistema de Habilidades.**

1. Calcular el nivel y variación de la productividad del trabajo.
2. Analizar las reservas de incremento de la productividad del trabajo y los factores que la afectan.
3. Proyectar el incremento de la productividad del trabajo.
4. Caracterizar las etapas y técnicas del método general aplicado a la solución de problemas.

### **Tema II. Estudio de métodos a nivel de los procesos.**

#### **Objetivo.**

Aplicar el procedimiento general para el estudio de métodos a nivel de los procesos productivos, de servicio, administrativos o de oficina.

#### **Sistema de Conocimientos.**

El procedimiento general para el estudio de métodos en los procesos. Clasificación de los procesos. El tipo, flujo y la estructura de producción como parte de los métodos de trabajo. Estudio de métodos en procesos de producción, procesos de servicio, administrativos o de

oficinas: Técnicas de registro, análisis y mejora. Enfoque metodológico de balance de procesos.

#### **Sistema de Habilidades.**

1. Registrar, analizar y diseñar métodos de trabajo en procesos de producción, servicios y administrativos o de oficinas.
2. Calcular cargas y capacidades y realizar balances de procesos para la determinación de los recursos necesarios.
3. Utilizar Software especializados para el balance de cargas y capacidades.

### **Tema III. Estudio de métodos en Puestos de trabajo.**

#### **Objetivo.**

Perfeccionar los elementos de la organización del trabajo en áreas y puestos de diferente naturaleza y clasificación.

#### **Sistema de Conocimientos.**

El puesto de trabajo. Elementos que lo componen. Su caracterización y relaciones. La organización del trabajo según enfoque del Ministerio del Trabajo y Seguridad Social. Su aplicación en el área o puesto de trabajo.

Elementos de la organización del trabajo según el MTSS. La división y cooperación del trabajo. El análisis y descripción de puestos.

Los métodos de trabajo en puestos de diferentes clasificaciones.

La organización y servicio al puesto. **El servicio a los medios de trabajo** (materiales, maquinaria, equipos y herramientas). Los aspectos ergonómicos y de diseño como parte del servicio al puesto de trabajo. Los cálculos antropométricos en el diseño del puesto. **El servicio a la fuerza de trabajo en el puesto.** La estimación del gasto energético de la actividad. La carga postural. El cálculo de la capacidad de trabajo físico del operario. El sistema informativo del puesto de trabajo.

#### **Sistema de Habilidades.**

1. Clasificar los puestos de trabajo.
2. Caracterizar los elementos que componen el puesto de trabajo.
3. Registrar y analizar métodos de trabajo en áreas y puestos de trabajo.
4. Diseñar métodos de trabajo en áreas y puestos de trabajo.

### **VI. Indicaciones metodológicas y de organización.**

En planes de estudio anteriores los contenidos de los elementos componentes de la organización del trabajo, referidos a los métodos de trabajo y los aspectos ergonómicos, se



han organizado en dos asignaturas independientes que se explicaban de forma paralela en el mismo semestre.

Dada la necesidad de integrar estos contenidos en un esquema lógico, que permita obtener soluciones integradas a problemas que se presentan en la interrelación del sistema H – MP – A, hubo intentos de integrar los sistemas de evaluación de ambas asignaturas, sin el resultado esperado en términos de las habilidades necesarias a desarrollar en los estudiantes.

Teniendo en cuenta estos precedentes, se decide por el colectivo de la disciplina hacer uso de las prerrogativas que ofrece el plan de estudios E, estructurar los contenidos de la disciplina de forma tal que se integren en una sola asignatura, aquellos elementos de la organización del trabajo, referidos a:

- División y cooperación del trabajo.
- Métodos de trabajo.
- Organización y servicio al puesto de trabajo.
- Integrar en estos elementos de la organización del trabajo, aquellos aspectos relacionados con los estudios antropométricos para el diseño de puestos, la estimación del gasto energético exigido en la ejecución de las actividades del puesto, el cálculo de la capacidad de trabajo físico del trabajador y la evaluación de la carga postural y el manejo de cargas en actividades donde el trabajo físico es intenso.

De esta forma se realiza una integración real y la **solución** metodológica a los **problemas docentes** que se presentan, se facilita desde la planificación de la disciplina y asignatura, la ejecución del proceso docente educativo (en una sola asignatura) y la evaluación integrada con las demás asignaturas y disciplinas de la carrera y año.

Para lograr una relación efectiva problema - objetivos - contenidos - métodos / medios – formas - evaluación en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la asignatura y disciplina, deben observarse algunas indicaciones metodológicas.

1. La asignatura está ubicada en el cuarto semestre de la carrera, donde la carga total del semestre es de 23.8 horas por semana como promedio y se evalúa con un proyecto de curso. Por estas razones es conveniente organizar la docencia en cuatro días semanales y dedicar un día a la práctica laboral, donde los estudiantes organizados por equipos de trabajo, se familiaricen con los procesos de producción o servicios, administrativos o de oficina y elaboren sus casos de estudio en este contexto.

2. El grupo debe organizarse en equipos de trabajo, que oscilen entre tres y cuatro estudiantes, siguiendo las instrucciones de los expertos de la JAN.
3. La selección de la composición del equipo debe hacerse considerando intereses de los estudiantes, capacidades, madurez intelectual, motivaciones. La composición debe ser heterogénea desde lo cognitivo, afectivo y de gestión desde los contextos académico y laboral.
4. Se debe fomentar y orientar una cultura de trabajo en equipo y asignar roles a desempeñar por los miembros del equipo en el desarrollo del trabajo, tanto en el aula como en la empresa.
5. El contenido de la asignatura se ha orientado tradicionalmente al estudio de métodos en procesos de fabricación. En el plan E, se enfoca además hacia los procesos de servicio, administrativos y de oficina, tanto a nivel de proceso como de puesto de trabajo.
6. En las conferencias debe orientarse lo **esencial (la invariante del conocimiento)**. Lo demás debe orientarse como trabajo independiente, a través de búsquedas bibliográficas u otras formas de trabajo independiente. Así se fomenta en el estudiante la capacidad **de gestionar su propio aprendizaje**.
7. El método que debe prevalecer en las conferencias es el de elaboración conjunta apoyado en el estudio de casos, orientados previamente por los profesores.
8. En las actividades prácticas debe facilitarse el trabajo en equipos y utilizar siempre que sea posible, métodos que permitan la coevaluación y heteroevaluación. Proveer a los estudiantes la capacidad para conducir el proceso de su aprendizaje en estas actividades a través de un juego de roles en el equipo.
9. Utilizar el manual de casos de estudio elaborado para la asignatura, como medio de apoyo al proceso. En las clases prácticas y laboratorios deben utilizarse estos casos, elaborados como resultado del trabajo científico estudiantil e investigación profesoral y son idóneos para su utilización en el contexto académico (aula).
10. Orientar y facilitar la elaboración por parte de los equipos de estudiantes otros casos de estudio, en el contexto laboral, a partir de sus visitas de familiarización a las empresas. Los tres talleres planificados deben utilizarse para solucionar estos casos y deben ser previamente orientados a través de una guía en cada tema.
11. La integración final de todo el contenido se logra a través de la realización y defensa del proyecto de curso de la asignatura.
12. Utilización amplia de la plataforma Moodle como herramienta de aprendizaje

encaminada a facilitar: el trabajo independiente, la utilización de diversas prácticas de aprendizaje, la actualización de la asignatura y en particular la bibliografía, la interactividad como criterio fundamental que facilite la flexibilidad y adaptación de la asignatura a los cambios en el entorno empresarial.

## VII. Sistema de Evaluación:

- Evaluaciones frecuentes en clases prácticas, seminarios, laboratorios y talleres.
- Evaluación final. Proyecto de curso.

## VIII. Bibliografía.

| Autor                                                         | Título                                                                        | Editorial                                                                   | País            | Año  |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------|------|
| Marsán, J. y colectivo de autores.                            | Ingeniería de Métodos.                                                        | Félix Varela                                                                | Habana, Cuba    | 2008 |
| Organización Internacional Del Trabajo (OIT).                 | Introducción al Estudio del Trabajo                                           | 4 <sup>ta</sup> Edición                                                     | Ginebra, Suiza  | 2002 |
| Niebel, B. y Freilbalds                                       | Métodos, estándares y diseño del trabajo                                      | 11na edición Alfaomega                                                      |                 |      |
| Niebel, B. y Freilbalds                                       | Métodos, estándares y diseño del trabajo                                      | Duodécima edición MCGrawHill                                                | México          | 2009 |
| Roberto García Criollo                                        | Ingeniería de métodos y medición del trabajo                                  | Segunda Edición, Instituto y Estudios superiores Monterrey. MCGrawHill      |                 |      |
| Pedro R. Mondelo, Enrique Gregori; Joan Blasco y Pedro Barrau | Ergonomía 3<br>Diseño de puestos de trabajo                                   | Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya, SL<br>Segunda edición: | España          | 1999 |
| Oscar de Pedro González y Miguel A. Gómez Fernández           | Ergonomía 4<br>El trabajo en oficinas                                         | Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya, SL                     | España          | 2001 |
| José Luis Melo                                                | Ergonomía práctica. Guía para la evaluación ergonómica de un PT               | FUNDACIÓN MAPFRE. Primera Edición                                           | Argentina       | 2009 |
| Juan Bravo Carrasco                                           | Gestión de procesos con responsabilidad social                                | EDITORIAL EVOLUCIÓN S.A.                                                    | Chile           | 2009 |
| Wolfgang Laurig y Joachim Vedder                              | ENCICLOPEDIA DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO                               |                                                                             |                 |      |
| Fred E. Meyers<br>Matthew P. Stephens                         | Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales                 | PEARSON EDUCACIÓN, tercera edición                                          | México          | 2006 |
| Instituto de investigación y estudios del trabajo             | La OT. Técnicas y principios para su estudio y perfeccionamiento. Tomo I y II | MTSS                                                                        | La Habana. Cuba | 2008 |

### 2.3. Plan calendario de la asignatura “Organización de procesos y puestos”.

El plan calendario de la asignatura es el documento asociado a la guía que, de manera orientativa, recoge la distribución temporal de las actividades previstas en la planificación de la asignatura y que sirve para la coordinación y seguimiento de la actividad docente programada para el curso. Este se elabora a partir de la guía docente de la asignatura y de los documentos que lo preceden (currículo base, plan de estudios, estructura y ficha). Tiene una periodicidad anual y su contenido puede ser reajustado y modificado en la programación de cada año, siempre respetando la coherencia con los documentos del plan docente precedentes. (*Planificación docente*, 2019)

La distribución temporal de las actividades formativas y de evaluación recogida en el cronograma puede variar y se puede ir ajustando a lo largo del curso, si bien las fechas previstas para realizar las actividades de evaluación continua no pueden adelantarse, pero sí retrasarse, siempre y cuando se anuncie esta circunstancia en las aulas virtual y presencial con la suficiente antelación (no menos de siete días).

El plan calendario se elabora siguiendo el modelo establecido y debe ser publicado por los profesores responsables en las aulas virtuales de las asignaturas correspondientes desde el inicio del curso.

A continuación, se muestra la estructura del plan calendario de la asignatura referente a la modalidad de Curso Regular Diurno (CRD). Este plan calendario se encuentra perfectamente distribuido y organizado siguiendo las normas establecidas por el documento base para el diseño curricular en el plan de estudio E (Ministerio de Educación Superior, 2018), en las tablas 2.8 y 2.9 se presentan las bases de la estructuración del plan calendario de esta asignatura. La estructuración del plan calendario en la modalidad de estudio Curso por Encuentro (CPE) lo podemos observar bien estructurado en el **Anexo I**.

**Tabla 2.8:** Datos importantes de la ficha del plan calendario de la asignatura. **Fuente:** Elaboración propia.

|                                                        |                                       |                          |                                    |     |      |
|--------------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------------|------------------------------------|-----|------|
| <b>Disciplina:</b> Ingeniería del Factor Humano.       | <b>Carrera:</b> Ingeniería Industrial | <b>Plan:</b> E           | <b>Curso:</b> Curso Regular Diurno |     |      |
| <b>Profesor:</b> Mario Curbelo Hernández               | <b>Aprobado por:</b>                  |                          | Día                                | Mes | Año  |
| <b>Categoría:</b> Auxiliar                             | <b>Cargo:</b> Jefe de Departamento    |                          | 8                                  | 09  | 2022 |
| <b>Firma:</b>                                          | <b>Firma:</b>                         |                          | <b>Curso: 2022</b>                 |     |      |
| <b>Asignatura:</b> Organización de procesos y puestos. | <b>Año:</b> Segundo                   | <b>Semestre:</b> Segundo | <b>Fondo de Tiempo:</b> 72 h       |     |      |

**Tabla 2.9:** Distribución de las conferencias, clases prácticas, seminarios, talleres y laboratorios dentro de los temas en la asignatura. **Fuente:** Elaboración propia.

| Actividad No. | Semana No. | Contenido.                                                                                                                                                                                                   | F.D. | Hr. |
|---------------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----|
| 1.            |            | Tema 1: El estudio del trabajo y el aumento de la productividad del trabajo. Introducción a la asignatura. El método general como enfoque metodológico en la solución de problemas de Ingeniería de métodos. | C1   | 2   |
| 2.            |            | Tema I. Continuación: Métodos de cálculo de la productividad. Reservas y factores de su incremento.                                                                                                          | C2   | 2   |
| 3.            |            | Aplicación de los métodos de cálculo de la productividad del trabajo y su dinámica.                                                                                                                          | CP1  | 2   |
| 4.            |            | Aplicación de los métodos de cálculo de la productividad del trabajo y su dinámica.                                                                                                                          | CP2  | 2   |
| 5.            |            | Tema II: Estudio de métodos a nivel de procesos. El procedimiento general para el estudio de métodos en los procesos. Clasificación de los procesos.                                                         | C3   | 2   |
| 6.            |            | Tema II. Continuación. Estudio de métodos en procesos de producción. Registro y examen crítico del método actual.                                                                                            | C4   | 2   |
| 7.            |            | Tema II. Continuación. El tipo, flujo y la estructura de producción como parte de los métodos de trabajo.                                                                                                    | C5   | 2   |
| 8.            |            | Seminario de los aspectos relacionados con las actividades 6, 7 y 8                                                                                                                                          | S1   | 2   |
| 9.            |            | Clase práctica de registro y examen crítico del método.                                                                                                                                                      | CP3  | 2   |
| 10.           |            | Tema II. Continuación: Balance de procesos de producciones masivas.                                                                                                                                          | C6   | 2   |
| 11.           |            | Tema II. Continuación: Balance de procesos de producciones masivas.                                                                                                                                          | C7   | 2   |
| 12.           |            | Clase práctica de balance de procesos masivos.                                                                                                                                                               | CP4  | 2   |
| 13.           |            | Clase práctica de balance de procesos masivos.                                                                                                                                                               | CP5  | 2   |
| 14.           |            | Taller integrador del tema.                                                                                                                                                                                  | T1   | 4   |
| 15.           |            | Tema III: Estudio de métodos en puestos de trabajo. Puesto de trabajo. Clasificaciones. Elementos que lo componen. Sus relaciones. Elementos de la organización del trabajo aplicados al puesto.             | C8   | 2   |
| 16.           |            | Tema III. Continuación. La división y cooperación del trabajo. El análisis y descripción de puestos.                                                                                                         | C9   | 2   |
| 17.           |            | Seminario de los aspectos relacionados con las actividades 15 y 16.                                                                                                                                          | S2   | 2   |
| 18.           |            | Tema III. Continuación. Estudio de métodos en puestos manuales y mecánico manuales (puestos móviles).                                                                                                        | C10  | 2   |

|     |  |                                                                                                                                                                                                                                |      |   |
|-----|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---|
| 19. |  | Tema III. Continuación. Estudio de métodos en puestos manuales y mecánico manuales (puestos fijos). Principios de economía de movimientos. Diagrama bimanual. Diseño antropométrico del puesto.                                | C11  | 2 |
| 20. |  | Clase práctica sobre métodos en puestos móviles.                                                                                                                                                                               | CP6  | 2 |
| 21. |  | Clase práctica sobre métodos en puestos fijos. Diagrama bimanual. Diseño antropométrico.                                                                                                                                       | CP7  | 2 |
| 22. |  | Tema III. Continuación. Estudio de métodos en puestos multimáquinas. Coordinación del trabajo. Diagrama de hombre máquina.                                                                                                     | C12  | 2 |
| 23. |  | Clase práctica sobre métodos en puestos multimáquinas.                                                                                                                                                                         | CP8  | 2 |
| 24. |  | Tema III. Continuación. Estudio de métodos en puestos mecanizados, por aparatos (labores de inspección, vigilancia y control) y puestos de servicio.                                                                           | C13  | 2 |
| 25. |  | Seminario de métodos en puestos de vigilancia y control y puestos de servicio                                                                                                                                                  | S3   | 2 |
| 26. |  | Tema III. Continuación. Estudio de métodos en puestos administrativos o de oficina.                                                                                                                                            | C14  | 2 |
| 27. |  | Clase práctica sobre métodos en puestos de oficinas.                                                                                                                                                                           | CP9  | 2 |
| 28. |  | Tema III. Continuación. La organización y servicio al puesto. El servicio a los medios y equipos de trabajo. El servicio a la fuerza de trabajo. Estimación del gasto energético. Capacidad de trabajo físico. Carga postural. | C15  | 2 |
| 29. |  | Tema III. Continuación. Estimación del gasto energético. Capacidad de trabajo físico. Carga postural.                                                                                                                          | C16  | 2 |
| 30. |  | Clase práctica sobre organización y servicio a la fuerza de trabajo en el puesto.                                                                                                                                              | CP10 | 2 |
| 31. |  | Clase práctica sobre organización y servicio a la fuerza de trabajo en el puesto.                                                                                                                                              | CP11 | 2 |
| 32. |  | Laboratorio sobre carga de trabajo físico.                                                                                                                                                                                     | L1   | 4 |
| 33. |  | Taller integrador del tema.                                                                                                                                                                                                    | T2   | 4 |

#### Referencias:

- F.D: Forma de Docencia.
- S- Seminarios.
- C- Conferencias.
- CP- Clase Práctica.
- T: Taller.

**Evaluación final:** Proyecto de curso.

## Bibliografía:

| Autor                                                         | Título                                                                        | Editorial                                                                   | País            | Año  |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------|------|
| Marsán, J. y colectivo de autores.                            | Ingeniería de Métodos.                                                        | Félix Varela                                                                | Habana, Cuba    | 2008 |
| Organización Internacional Del Trabajo (OIT).                 | Introducción al Estudio del Trabajo                                           | 4 <sup>ta</sup> Edición                                                     | Ginebra, Suiza  | 2002 |
| Niebel, B. y Freilbalds                                       | Métodos, estándares y diseño del trabajo                                      | 11na edición Alfaomega                                                      |                 |      |
| Niebel, B. y Freilbalds                                       | Métodos, estándares y diseño del trabajo                                      | Duodécima edición MCGrawHill                                                | México          | 2009 |
| Roberto García Criollo                                        | Ingeniería de métodos y medición del trabajo                                  | Segunda Edición, Instituto y Estudios superiores Monterrey. MCGrawHill      |                 |      |
| Pedro R. Mondelo, Enrique Gregori; Joan Blasco y Pedro Barrau | Ergonomía 3<br>Diseño de puestos de trabajo                                   | Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya, SL<br>Segunda edición: | España          | 1999 |
| Oscar de Pedro González y Miguel A. Gómez Fernández           | Ergonomía 4<br>El trabajo en oficinas                                         | Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya, SL                     | España          | 2001 |
| José Luis Melo                                                | Ergonomía práctica. Guía para la evaluación ergonómica de un PT               | FUNDACIÓN MAPFRE. Primera Edición                                           | Argentina       | 2009 |
| Juan Bravo Carrasco                                           | Gestión de procesos con responsabilidad social                                | EDITORIAL EVOLUCIÓN S.A.                                                    | Chile           | 2009 |
| Wolfgang Laurig y Joachim Vedder                              | ENCICLOPEDIA DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO                               |                                                                             |                 |      |
| Fred E. Meyers<br>Matthew P. Stephens                         | Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales                 | PEARSON EDUCACIÓN, tercera edición                                          | México          | 2006 |
| Instituto de investigación y estudios del trabajo             | La OT. Técnicas y principios para su estudio y perfeccionamiento. Tomo I y II | MTSS                                                                        | La Habana. Cuba | 2008 |

**Conclusiones parciales del capítulo II:**

1. Se ha realizado una derivación de las habilidades de la disciplina hasta el nivel de actividades prácticas, como soporte metodológico para desarrollar el diseño metodológico de la asignatura, para su activación en el currículum de la carrera Ingeniería Industrial. Esta derivación comienza desde el nivel de carrera, a partir de definir el problema profesional general que debe resolver el ingeniero industrial en el plan “E”.
2. La metodología propuesta asegura la activación del aprendizaje en la disciplina y asignatura objeto de estudio y hace énfasis en las operaciones a realizar por el estudiante para su autoaprendizaje.



### **Capítulo III: Diseño metodológico de la asignatura "Organización de procesos y puestos de trabajo".**

En este capítulo se realiza la preparación y diseño metodológico de la asignatura. Esta queda estructurada en tres temas. En cada tema se incluyen todas las actividades docentes previstas en el plan calendario propuesto. Con esta estructura de diseño metodológico se está dando respuesta al problema principal que da objetivo a esta investigación.

A continuación, se desarrollan las guías para el profesor de estas actividades.

**Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez"**

**Facultad de Ingenierías**

**Departamento Ingeniería Industrial**

**Asignatura: Organización de Procesos y puestos.**

**Carrera:** Ingeniería Industrial (Segundo Año. Segundo Semestre)

**Tema I:** El estudio del trabajo y el aumento de la productividad.

**Conferencia No. 1**

**Sumario:**

1. Introducción a los estudios del trabajo (Organización del Trabajo (OT)).
2. Introducción al estudio de métodos.

**Introducción:**

Presentación del profesor.

**Fundamentación de la disciplina Estudios del Trabajo (Organización del Trabajo).**

Con el decursar de este siglo surge el estudio del trabajo como una disciplina técnica y científica cuya categoría ha sido elevada por el desarrollo de las fuerzas productivas, imponiéndola en los procesos de producción, transportación y servicios a nivel de puesto de trabajo, fundamentalmente para el logro o diseño de sistema hombre- medio de producción de manera más eficiente.

El estudio del trabajo tiene como objetivo más general la conjugación más racional de las técnicas y los hombres en el proceso único de producción. Está íntimamente vinculada a la organización de la producción y a la dirección, tanto en el terreno teórico como el práctico.

**Datos generales de la disciplina y asignatura.**

Tabla 1: Localización de la asignatura en el plan del proceso docente.

| <b>Modalidad</b> | <b>Año</b>      | <b>Semestre</b> | <b>Fondo tiempo</b> | <b>Evaluación</b> |
|------------------|-----------------|-----------------|---------------------|-------------------|
| Presencial       | 2 <sup>do</sup> | 2 <sup>do</sup> | 72 horas            | PC                |
| Semipresencial   | 3 <sup>ro</sup> | 2 <sup>do</sup> | 48 horas            | Examen final      |

Tabla 2: Distribución de horas por temas y formas de enseñanza para CRD.

| Tema                                                                         | Total | Por forma de enseñanza |    |    |    |    |
|------------------------------------------------------------------------------|-------|------------------------|----|----|----|----|
|                                                                              |       | C                      | CP | S  | L  | T  |
| Tema I: El estudio del trabajo y el aumento de la productividad del trabajo. | 8     | 4                      | 4  | -- | -- | -- |
| Tema II: Estudio de métodos a nivel de procesos.                             | 22    | 10                     | 6  | 2  | -- | 4  |
| Tema III: Estudio de métodos en puestos de trabajo.                          | 42    | 18                     | 12 | 4  | 4  | 4  |
| Totales                                                                      | 72    | 32                     | 22 | 6  | 4  | 8  |

#### Sistema de evaluación:

- Evaluaciones sistemáticas.
- Proyecto de curso

#### Organización del curso:

Presencial y no presencial.

#### Desarrollo

#### Planteamiento del problema a resolver en la clase:

Se motiva la clase a partir del análisis de la estructura de los tiempos de trabajo para elaborar un producto, que usa como fuente el texto de Métodos, tiempo y movimientos (figura 1). Después del análisis del gráfico, se pregunta cómo se analiza en Cuba este mismo aspecto.

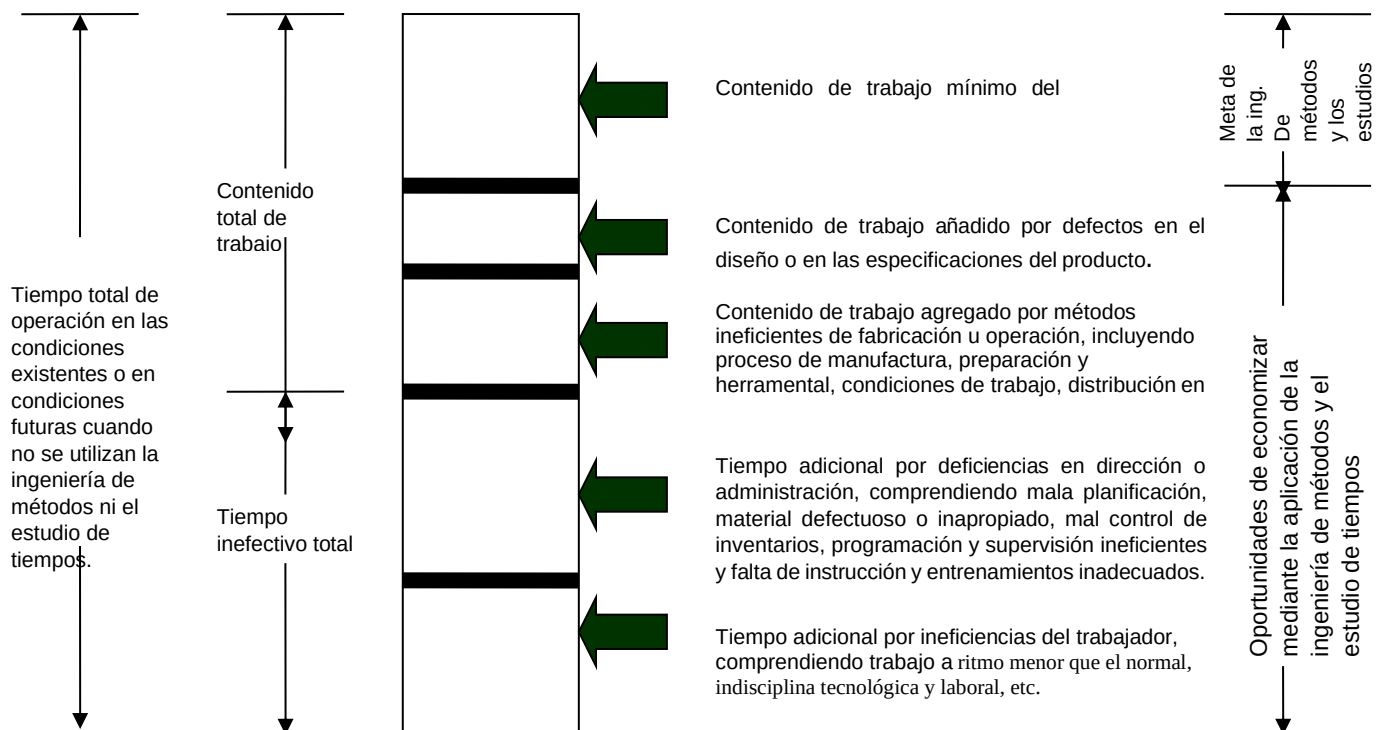


Figura No 1: Oportunidades de ahorros mediante la aplicación de la ingeniería de métodos y el estudio de tiempos.

### **Planteamiento de los objetivos:**

- Conocer los conceptos básicos acerca del estudio del trabajo y de los estudios de métodos en general.
- Identificar las etapas del procedimiento general del estudio de métodos.

### **1. Introducción al estudio del trabajo.**

#### **Introducción al Estudio del Trabajo. Importancia para la especialidad.**

Se retoman acciones desarrolladas por los alumnos en algunas asignaturas como precedencia a los estudios de métodos, como las realizadas en las prácticas laborales. En estas actividades, se pueden haber observado aspectos tales como:

- Con malas condiciones de trabajo es difícil que un trabajador se aplique mucho tiempo seguido sin descansos frecuentes y sin merma en su rendimiento.
- Si este obrero piensa que la dirección solo lo ve como un instrumento de producción, cuya personalidad no cuenta, se limitará a esforzarse justo lo necesario para no perder el empleo.
- Si no sabe lo que hace o por qué lo hace, o si ignora lo más elemental acerca de la actividad de la empresa, no se puede esperar que dé lo mejor de sí.
- Si siente que la dirección no le hace justicia, se sentirá agobiado y no rendirá todo lo que puede.
- Además, los trabajadores y las máquinas pueden permanecer inactivos por no estar listos las herramientas y materiales en el momento preciso, también las averías de máquinas e instalaciones producen inactividad. Si no se elaboran programas de trabajo para que siempre exista tarea para instalaciones y operarios y si no hay normas de ejecución bien pensadas, también hay inactividad.

Por lo tanto, es necesario el establecimiento de una técnica de dirección como instrumento principal para lograr el aumento de la productividad. Esta técnica es el estudio del trabajo.

**Estudio del Trabajo:** Según la British Standard Glossary of Terms in Work-study puede definirse como ciertas técnicas y en particular el Estudio de Métodos y la Medición del Trabajo que se utilizan para examinar el trabajo humano en todos sus contextos y que llevan sistemáticamente a investigar todos los factores que influyen en la eficiencia y economía de la situación estudiada, con el fin de efectuar mejoras.

El Estudio del Trabajo se emplea, por tanto, especialmente en función de la productividad, puesto que sirve para obtener una producción mayor a partir de una cantidad de recursos dada, sin invertir más capitales, salvo quizás un monto muy limitado.

Durante muchos años de trabajo se conoció al Estudio del Trabajo con el nombre de Estudio de Tiempos y Movimiento (Time and Motion Study), pero actualmente se estima que tal denominación es demasiado restrictiva, aunque se sigue utilizando en los Estados Unidos. La nueva expresión de “Estudio del Trabajo (Work Study)”, fue acuñada en inglés, pero hoy en día es de uso general.

Esta situación es provocada por el propio desarrollo histórico de este campo y los principales trabajos fueron desarrollados por (siglo XIX y XX).

- 1- Frederick Taylor: Estudio de Métodos.
- 2- Henry Gantt: Desarrollo de la Dirección con Enfoque Humanístico.
- 3- Frank y Lillian Gilbreth: Estudios de Movimientos y aspectos Psicológicos de la Conducta.
- 4- Harrington Emerson: Plan de Salarios con Primas.
- 5- Otros.

**Estudio del trabajo (ET):** Como se define por la **BSGTW** se entiende por estudio del trabajo, genéricamente, ciertas técnicas, y en particular el estudio de métodos y la medición del trabajo, que se utilizan para examinar el trabajo humano en todos sus contextos y que llevan sistemáticamente a investigar todos los factores que influyen en la eficiencia y economía de la situación estudiada, con el fin de ejecutar mejoras.

**Utilidad del estudio del trabajo:** Investigar y perfeccionar las operaciones en el lugar de trabajo no es nada nuevo; los buenos dirigentes lo están haciendo desde que se organizó por primera vez el esfuerzo humano para acometer grandes empresas. El estudio del trabajo da resultados porque es sistemático, tanto para investigar los problemas como para buscarles solución.

El estudio del trabajo tiene dos aspectos muy importantes y bastante diferenciados:

1. Encontrar un mejor modo de realizar una tarea.
2. Determinar cuánto se debe tardar en esa tarea.

#### **Estudio de métodos:**

La ingeniería de métodos es una actividad para mejorar los procesos de producción existentes. Cuando se aplica al trabajo, lleva el nombre de Estudios de movimiento y tiempo.

Sus objetivos son:

- Desarrollar el mejor método de trabajo y presentarlo como un estándar.
- Medir la productividad óptima para cada tarea.
- Guiar a los trabajadores hacia los métodos óptimos.

Muchas veces podemos especificar el objetivo con la ayuda del diagrama de la figura 2.

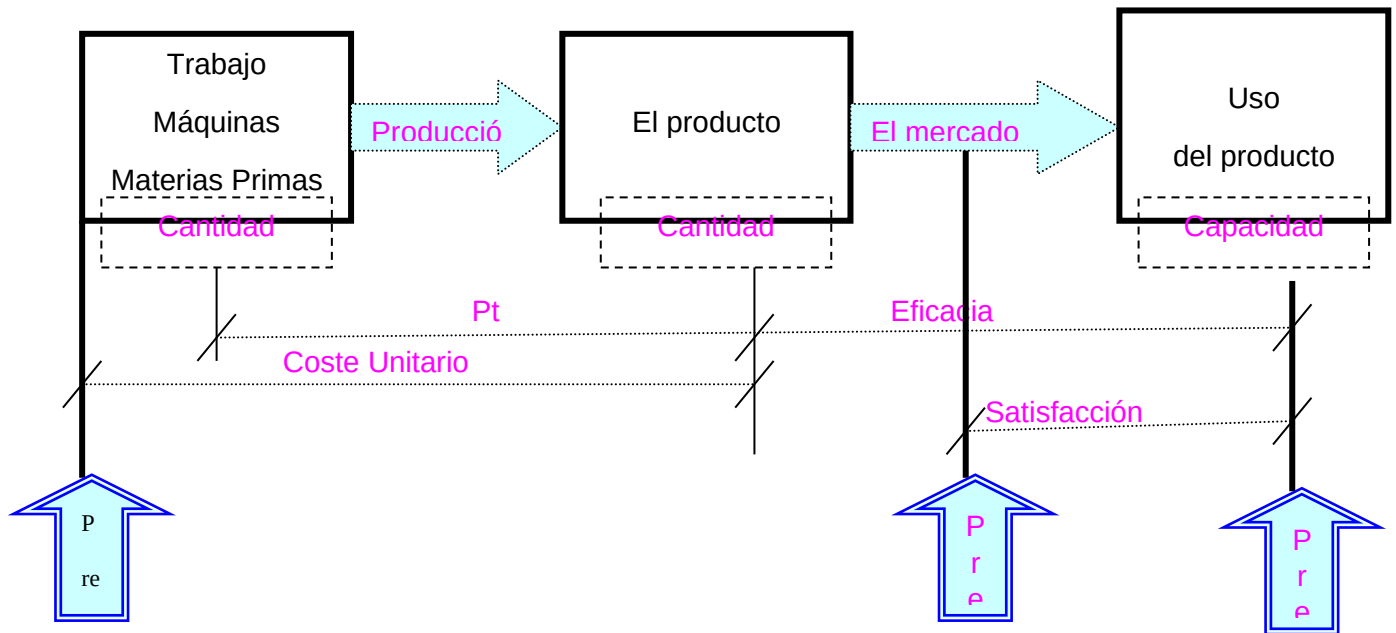


Figura No. 2: Objetivo de la Ingeniería de métodos

El diagrama muestra algunas maneras de medir la eficiencia y la productividad en los procesos de producción.

La ingeniería de métodos tiene por objeto idear procedimientos para incrementar la producción por unidad de tiempo y reducir los costos unitarios mientras se mantiene o mejora la calidad.

**Medición del trabajo:** Es la aplicación de técnicas para determinar el tiempo que invierte un trabajador calificado en llevar a cabo una tarea definida efectuándola según una norma de ejecución preestablecida.

#### Relación entre estudio de métodos y la medición del trabajo

Ambos están estrechamente ligados entre sí. El primero se usa para reducir el contenido de trabajo de la tarea u operación, mientras que la segunda sirve sobre todo para investigar y reducir el consiguiente tiempo improductivo, y para fijar después las normas de tiempo de la operación cuando se efectúe en la forma perfeccionada ideada gracias al estudio de métodos.

Se puede decir que el Estudio del Trabajo es un instrumento que permite:

- Aumentar la productividad de una fábrica o instalación mediante la reorganización del trabajo, método que normalmente requiere poco o ningún desembolso de capital para instalaciones o equipos.
- Es sistemático de modo que no se puede pasar por alto ninguno de los factores que influyen en la eficacia de una operación, ni al analizar las prácticas existentes ni al crear otras nuevas y que se recogen todos los datos relacionados con la operación.

- c) Es el método más exacto conocido hasta ahora para establecer normas de rendimiento, de las que dependen la planificación y control eficaces de la producción.
- d) Las economías resultantes de la aplicación correcta del Estudio del Trabajo comienzan de inmediato y continúan mientras duren las operaciones en su forma mejorada.
- e) Es un instrumento que puede ser utilizado en todas partes. Dará buen resultado donde quiera que se realice trabajo manual o funcione una instalación, no solamente en talleres de fabricación sino también en oficinas, comercios, laboratorios, restaurantes, empresas agropecuarias y otras.
- f) Es uno de los instrumentos más penetrantes de los que dispone la dirección. Por eso es un arma excelente para atacar cualquier falla de la organización, ya que al investigar una serie de problemas se van descubriendo las deficiencias de todas las demás funciones que repercuten en ellas.

Se debe notar que el núcleo o centro del Estudio del Trabajo es el factor humano y es que el Estudio del Trabajo se refiere más a la “aplicación” que a los procedimientos técnicos en sí y esta depende de seres humanos, sean trabajadores, proyectistas, técnicos o directores, además de que en la actividad el sistema (hombres- materiales- equipos- energía- información- ambiente) señala que al ser el hombre el fundamental es necesario buscar vías para la motivación de los obreros.

Por lo tanto, se incluye definir las exigencias del rendimiento humano y que no estén afectadas por un incorrecto diseño y distribución en planta del equipo, es decir, diseñar partiendo del hombre.

## **2. Introducción al estudio de métodos.**

### **Procedimiento general del Estudio de Métodos de trabajo.**

El Estudio de Métodos puede definirse además como la aplicación de un procedimiento sistemático y lógico de análisis e investigación, adecuando al proceso de trabajo objeto de estudio.

Su objetivo es establecer el cómo debe realizarse un trabajo de la forma más sencilla y eficaz en las condiciones existentes, así como, la proyección de nuevos procesos y procedimientos de trabajo para actividades aun no existentes.

Es por eso que está muy vinculada a lo **Que se hace**, ya que se trabaja con hipótesis en la forma en que debe dividirse el trabajo y establecer la relación entre los miembros, para luego establecer los métodos de trabajo lo que a su vez al ser revisado puede modificar la forma en que se dividió el trabajo.

La **Organización Internacional Del Trabajo (O.I.T)** define como: El Estudio de Métodos es el registro y examen crítico sistemático de los modos existentes y proyectados de llevar a cabo un trabajo, como medio más ideal y aplicar métodos más sencillos y eficaces de reducir los costos. **(Ver Introducción al Estudio del Trabajo, O. I.T.)**

Salta entonces a la vista que el Estudio de Métodos tiene como objetivo básico mejorar los indicadores de productividad real, así como, sus estándares.

**Procedimiento básico:**

- Ver Cuadro. Introducción al Estudio del Trabajo O.I.T.
- Ver cuadro. Texto Organización del trabajo. Pág. 21 y 22

Al examinar cualquier problema es necesario seguir un orden bien determinado, que puede resumirse como sigue:

- **SELECCIONAR** el trabajo que se va a estudiar.
- **REGISTRAR** todo lo que sea pertinente del método actual por observación directa.
- **EXAMINAR** con espíritu crítico lo registrado, en sucesión ordenada, utilizando las técnicas más apropiadas en cada caso.
- **IDEAR** el método más práctico, económico y eficaz, teniendo debidamente en cuenta todas las contingencias previsibles.
- **DEFINIR** el nuevo método para poderlo reconocer en todo momento.
- **IMPLANTAR** ese método como práctica normal.
- **MANTENER EN USO** dichas prácticas instituyendo inspecciones regulares

Este procedimiento debe apoyarse de un método general para resolver problemas el cual descompone los procedimientos en fases que den la secuencia racional para el estudio del método de trabajo.

**Etapas I: Seleccionar el trabajo que se va a estudiar.**

En todos los casos es importante considerar tres aspectos básicos.

- Consideraciones de índole económica.  
Aquí debe valorarse fundamentalmente, si el método provoca.
  - Retrasos en la producción.
  - Existen desplazamientos importantes que justifican el estudio por requerir gran cantidad de mano de obra o manipulación repetida de materiales
  - Cuando existen operaciones basadas en trabajo repetitivo.
- Consideraciones de orden técnico.

- Lo más importante es contar con los técnicos necesarios para el estudio.
- Reacciones humanas.
  - Es necesario sensibilizar a todos los implicados acerca de cómo beneficia el estudio.

## **Etapas II: Registrar.**

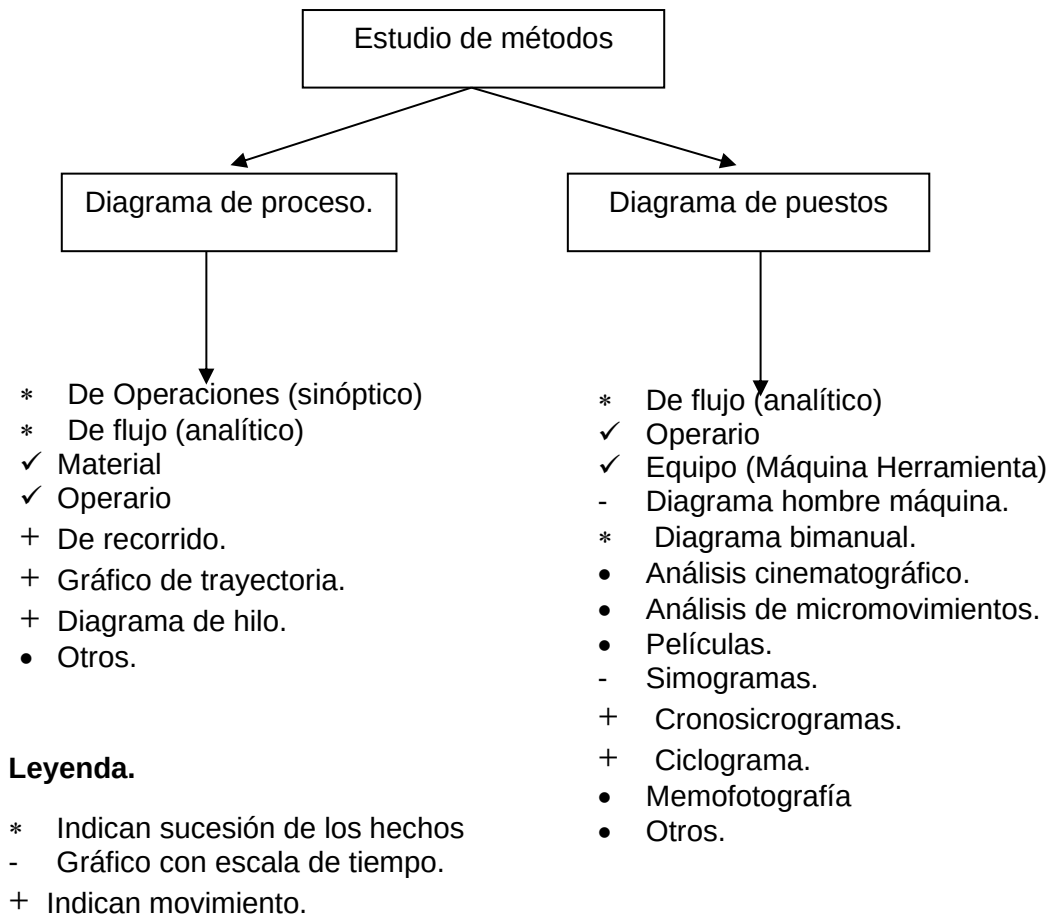
En general es muy amplia la gama de tareas a las que se podría aplicar el estudio de métodos en cualquier fábrica o lugar de trabajo donde se efectúen desplazamiento de materiales o trabajos manuales (con inclusión del trabajo normal de oficina).

En general, la investigación del Estudio de Métodos puede ser lo más amplia posible, en este caso abarca el funcionamiento general de la fábrica, taller o proceso de trabajo. Y puede ser más a un nivel de análisis más pequeño como a una brigada, un operario a cargo de una maquinaria, o sea, un puesto de trabajo donde análisis llega hasta el estudio de movimiento de cada obrero.

Es por ello que para el correcto entendimiento del Estudio de Métodos estableceremos dos niveles de análisis uno más general, que tiene como objeto de estudio el proceso de trabajo en su conjunto y otro más delimitado que tiene como objeto de estudio el puesto de trabajo. El proceso básico enunciado antes, sugiere recopilar información, datos acerca de la situación a investigar, es por ello que de una forma organizada se han creado técnicas o instrumentos de anotación que pudieran consignar informaciones detalladas con precisión y al mismo tiempo en forma estandarizada a fin de que todos los interesados la comprendan de inmediato.

Estos gráficos o diagramas pueden ser clasificados o agrupados, siguiendo diferentes criterios, aunque para mayor comodidad se presentarán en función del propósito para el cual fueron creadas.





Para que no escape ningún detalle del proceso o puesto de trabajo a estudiar es importante utilizar alguna lista de comprobación que proporcione información detallada del mismo.

- Ver en (Introducción al Estudio del Trabajo (O.I.T)).

### **Etapas III: Examinar.**

El examen con espíritu crítico se puede desarrollar mediante la utilización de dos técnicas:

- Análisis operacional
- El interrogatorio

La técnica de interrogatorio es el medio de efectuar el examen crítico sometiendo sucesivamente a cada actividad a una serie sistemática y progresiva de pregunta.

### **Preguntas preliminares:**

|           |                                                        |                                          |
|-----------|--------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| PROPOSITO | ¿QUÉ se hace en realidad?<br>¿POR QUÉ hay que hacerlo? | ELIMINAR partes innecesarias del trabajo |
| LUGAR     | ¿Dónde se hace?<br>¿por qué se hace allí?              | COMBINAR siempre que sea posible u       |

|          |                                                      |                                                                                  |
|----------|------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| SUCESION | ¿CUÁNDO se hace?<br>¿por qué se hace en ese momento? | ORDENAR de nuevo la sucesión de las operaciones para obtener mejores resultados. |
| PERSONA  | ¿QUIEN lo hace?<br>¿por qué lo hace esa persona?     | SIMPLIFICAR la Operación                                                         |
| MEDIOS   | ¿CÓMO se hace?<br>¿por qué se hace de ese modo?      |                                                                                  |

### Preguntas de fondo: profundizan las preliminares.

| PROPOSITO                                            | LUGAR                                                      | SUCESION                                         | PERSONA                                                   | MEDIOS                                                   |
|------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| ¿Qué se hace?                                        | ¿Dónde se hace?                                            | ¿Cuándo se hace?                                 | ¿Quién lo hace?                                           | ¿Cómo se hace?                                           |
| ¿Por qué se hace?                                    | ¿Por qué se hace allí?                                     | ¿Por qué se hace entonces?                       | ¿Por qué lo hace esa persona?                             | ¿Por qué se hace de ese modo?                            |
| ¿Qué otra cosa podría hacerse? ¿Qué debería hacerse? | ¿En que otro lugar podría hacerse? ¿Dónde debería hacerse? | ¿Cuándo podría hacerse? ¿Cuándo debería hacerse? | ¿Qué otra persona podría hacerlo? ¿Quién debería hacerlo? | ¿De qué otro modo podría hacerse? ¿Cómo debería hacerse? |

Estas etapas se profundizarán en las próximas clases, al igual que las etapas no mencionadas.

### Desarrollo histórico del estudio de métodos.

A continuación, se exponen los principales aspectos que definieron y caracterizaron el desarrollo histórico de esta ciencia a través del trabajo de los anteriores autores.

#### LA ESCUELA CIENTÍFICA

Abarca un período de nacimiento, auge y desarrollo de aproximadamente 40 años, esto no quiere decir que solamente en ese período se haya aplicada muchas de las bases de esta escuela. Dentro de sus representantes tenemos a:

*FREDERICK WINSLOW TAYLOR (1856- 1915)*

Identificado como el principal representante de esta escuela. Fue ingeniero industrial de nacionalidad estadounidense, realizó sus estudios en el viejo continente y se desenvolvió en la industria metalúrgica. A Taylor se le considera el **"Padre de la Administración Científica"**.

#### **¿Por qué la denominación de administración científica?**

Porque realiza la investigación sistemática del trabajo humano y aplico el método científico al estudio de los tiempos y movimientos en las operaciones de producción dentro de una fábrica.

Su método consistió en observar, establecer hipótesis en cuanto a la mejoría de los procedimientos, experimentar y comprobar que efectivamente se incrementara la producción con la modificación o implantación de nuevos sistemas, aunado al adiestramiento que se les ofreció a ciertos trabajadores.

Taylor pensaba que la concepción que tenían los hombres de su trabajo era incorrecta y debían cambiarla por otra donde se reconociera la planificación, la organización y el control. Antes de Taylor, no se sabía ni entendía claramente la responsabilidad mutua que existe entre los trabajadores y los patrones, no existían ni se aplicaban estándares de producción, no se pensaba que el desempeño podría mejorar a través de los incentivos.

En general todo se realizaba con base en la costumbre y como producto de la experiencia y de un análisis simplista. Los estudios de tiempos y movimientos son asociados inequívocamente a la figura de Taylor, que con base en ellos elaboró sus principios de dirección operativa.

Los principios de dirección operativa se refieren a diversos aspectos como son: la selección de los trabajadores y el aprovechamiento de sus aptitudes así como el adiestramiento que debía impartírseles, el establecimiento de las cuotas mínimas de producción, pago de incentivos por superar la cuota de producción, la asignación de la tarea de planear a los directivos y el trabajo operativo a los obreros, la consideración del punto de vista de que los que realizaban ese trabajo para mejorar la calidad y el control de la producción, eran los responsables interviniendo sólo en caso de desviación de lo planeado.

Taylor establecía como principios de la administración los siguientes:

**Primero:** Desarrollar una ciencia para cada elemento del trabajo de un hombre, lo cual reemplaza a la antigua regla de a "ojo de buen cubero".

**Segundo:** Seleccionar científicamente y después entrenar, enseñar y desarrollar al trabajador, mientras que anteriormente el trabajador escogía su propio trabajo y se entrenaba él mismo lo mejor que podía.

**Tercero:** Cooperar de forma entusiasta con los hombres para asegurarse de que el trabajo está siendo desempeñado de acuerdo con los principios de la ciencia desarrollada.

**Cuarto:** Hay una división casi exactamente igual de la responsabilidad y el trabajo entre la administración y el trabajador.

Taylor afirmó, además, que las combinaciones de esos cuatro grandes principios administrativos constituían *la administración científica* que era más conceptual y filosófica que mecánica.

### **EL IMPACTO DE LA ADMINISTRACIÓN CIENTÍFICA.**

Una contribución obvia de la administración científica fue la mejora general en la administración fabril. Tan pronto como se abrió camino para las mejoras en el taller, se generalizó a ventas, administración general y otras facetas de la empresa. Trajo consigo una más efectiva utilización del equipo, mano de obra y materiales. Estimuló el desarrollo de controles, rutas y planificación más exactos. Para el trabajador, resultó en una mejor selección de puestos, más oportunidades de avance, salarios más altos, mejores condiciones de trabajo, horas de trabajo apropiadas y una ampliación del alcance de la iniciativa individual a través de mejores oportunidades de trabajo y aplicaciones de incentivos.

Para la administración, ha señalado el camino a una más efectiva organización, un producto más confiable, una mejor fuerza de trabajo, un cliente mejor comprendido, una mejor imagen corporativa y una posición más efectiva en cuanto a utilidades.

Taylor implantó el concepto de *investigación* en lugar de la intuición. Y la nueva administración ha continuado la experimentación y la búsqueda de lo nuevo como un elemento básico en un firme enfoque administrativo. También estimuló el uso de *estándares* en cada fase de la administración, siempre destacando la necesidad de uniformidades de consistencia como preludio a los altos estándares de operación y calidad del producto.

Un tercer impacto, fue la *planificación sistemática* necesaria para cualquier mejora significativa. Taylor dio a la administración el concepto colectivo de *control*, así como el de *cooperación*.

Taylor destacó que la administración debía estar fundamentada en estos cinco conceptos: investigación, estándares, planificación, control y cooperación, los cuales forman las sólidas bases para empresas exitosas.

A partir de esta escuela se planea la producción, la disposición física de la maquinaria e instrumentos de trabajo, se selecciona y da adiestramiento a los trabajadores y se establecen estándares de producción y medidas de control.

Como en toda práctica novedosa, hubo abuso de la teoría, los cuales llevaron a que los críticos del "Taylorismo" opinaran que esta escuela favorecía la explotación de los trabajadores y que limitaba la creatividad de los mismos, convirtiéndolos en una parte casi mecánica, impensable.

### **SEGUIDORES DE TAYLOR.**

Entre los discípulos inmediatos de Taylor se cuentan sobresalientes pioneros, como Carl Georg Barth, Henry L. Gantt, Frank y Lillian Gilbreth y Edward A. Filene, por mencionar tan

sólo algunos. Durante años Barth fue cercano colaborador de Taylor, trabajó en la Bethlehem Steel Company.

Matemático brillante, Barth desarrolló muchas técnicas y fórmulas matemáticas que hicieron posible llevar a la práctica las ideas de Taylor. Era considerado el seguidor más fiel y ortodoxo de Taylor.

Gantt, ingeniero mecánico, como Taylor se unió a Barth y Taylor en la Midvale Steel Company en 1887, trabajó con este último en sus diversas asignaciones hasta 1901, fecha en que fundó su propia empresa de ingenieros consultores. Si bien apoyó las ideas de Taylor y realizó trabajos de consultora basándose en la selección científica de trabajadores y en el desarrollo de sistemas de bonificaciones e incentivos, fue más cauto que él en cuanto a la venta e instalación de sus métodos de Administración Científica. Taylor, subrayó la necesidad de desarrollar intereses mutuos entre administración y trabajadores, una "cooperación armoniosa", remarcó la importancia de la enseñanza, desarrollo y entendimiento de los sistemas por parte de los trabajadores y de la administración, y el apreciar que "en todos los problemas administrativos el elemento humano es el más importante".

Gantt acentuó la importancia del tiempo, así como del costo, al planear y controlar el trabajo. El famoso matrimonio de Frank y Lillian Gilbreth apoyó y desarrolló también las ideas de Taylor.

Taylor, se interesó por los movimientos inútiles al realizar un trabajo y redujo de 18 a 5 el número de movimientos para la colocación de ladrillos; hizo posible duplicar la productividad de albañil sin incurrir en mayores esfuerzos. Sus trabajos como contratista le brindaron la oportunidad de obtener numerosas consultas para el mejoramiento de la productividad humana. Después de conocer a Taylor en 1907, intercambió con sus ideas para llevar a la práctica la Administración Científica.

Frank Gilbreth recibió la ayuda de su esposa. Ella fue una de las primeras psicólogas industriales y obtuvo el grado de doctora en 1915, nueve años después de su matrimonio, periodo en el que dio a luz a su célebre docena de hijos (más tarde famosos por el libro y la película Más barato por docena). Después de la muerte de su esposo en 1924, continuó impulsando la empresa consultora; en vida, la llamaron "primera dama de la administración", y murió en 1972, a los 93 años de edad.

El interés de Lillian Gilbreth por los aspectos humanos del trabajo, y el de su esposo por la eficacia, la búsqueda de la mejor manera de hacer las cosas, produjo una extraordinaria combinación de talentos. No es sorprendente, por tanto, que Frank Gilbreth señalara

durante mucho tiempo que al aplicar los principios de la Administración científica debe observarse antes que todo a los trabajadores y entender sus personalidades y necesidades. Es interesante señalar también que los Gilbreth llegaron a la conclusión de que no es la monotonía del trabajo lo que causa tanta insatisfacción al trabajador, sino más bien la falta de interés que por ellos muestra la administración.

Otro seguidor de Taylor fue Edward A. Filene, quien contrató a Gilbreth para aplicar métodos de administración científica en la tienda de departamentos de su familia de Boston. El interés fundamental de Filene consistía en la introducción de dispositivos para la evaluación y entrenamiento de empleados, como una preocupación por el elemento humano de su empresa. El resultado de tanta eficiencia y de la imaginación para administrar su negocio fue que su empresa alcanzó un gran éxito y empleó parte de su fortuna para crear el Twentieth Century Fund, famosa organización de investigación que todavía existe.

### **Conclusiones generales:**

Generalización de los contenidos orientados a partir de la figura siguiente:

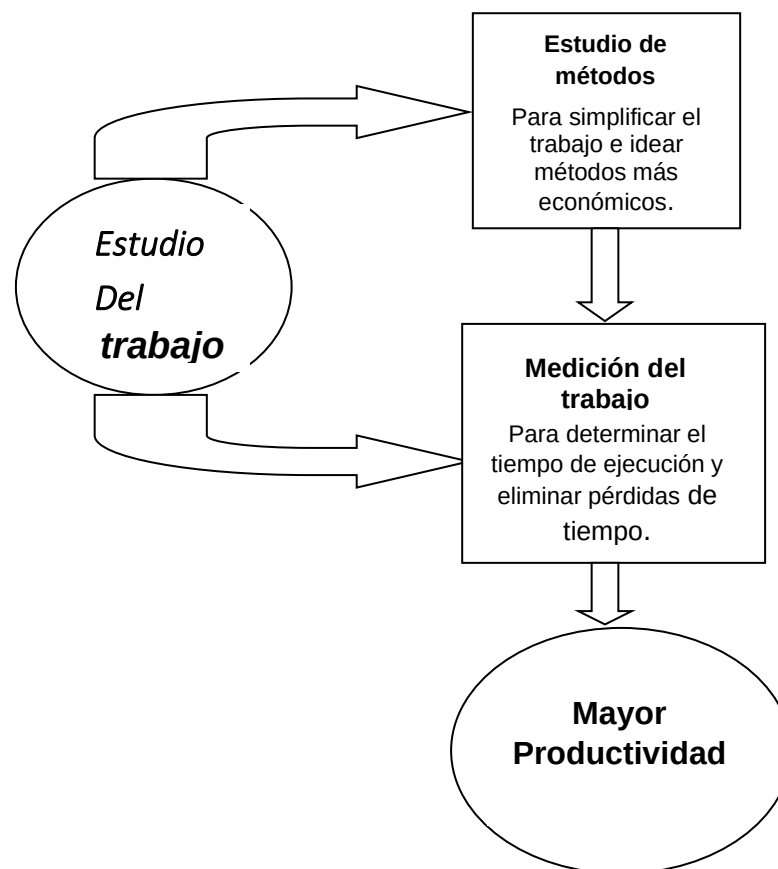


**Figura No 3:** Composición y Finalidad del Estudio del trabajo. Fuente: Elaboración propia.

**Orientación del trabajo independiente.**

- Hacer un resumen sobre la historia de la ingeniería de métodos, sintetizando un artículo de Internet.

**Bibliografía:**

- Marsan, J. y colectivo de autores. Ingeniería de Métodos.
- Kanawaty, G., Introducción al Estudio del Trabajo

**Nexo- motivación de la próxima clase.**

En la próxima conferencia se retoma el diagrama de la generalización y se establecen los vínculos entre el estudio de métodos y el incremento de la productividad.

**Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez"**

**Facultad de Ingenierías**

**Departamento Ingeniería Industrial**

**Asignatura:** Organización de Procesos y Puestos.

**Tema I:** El estudio del trabajo y el aumento de la productividad.

**Conferencia No. 2**

**Sumario.**

3. Conceptos de productividad del trabajo y métodos de cálculo.
4. Factores de incremento de la productividad del trabajo y reservas de Productividad.

**Introducción:**

Control de asistencia.

**Rememoración de contenidos del tema anterior:**

Recordar que en la conferencia anterior se orientó el contenido relacionado con la introducción al estudio del trabajo y el estudio de métodos, así como la estrecha relación entre el estudio del trabajo y la productividad del trabajo, porque:

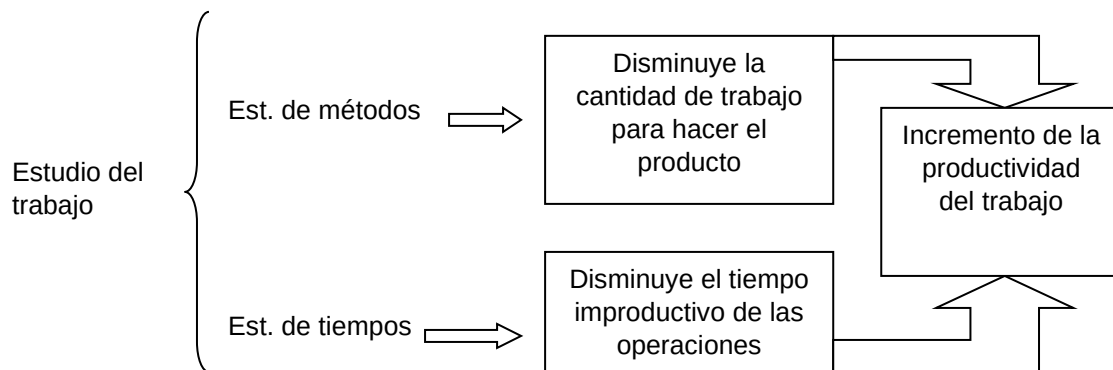


**Figura 1:** Relación entre el estudio del trabajo y la productividad del trabajo.

Debe recordarse al estudiante, además, el procedimiento básico para el estudio de métodos y sus etapas, a saber:

- Seleccionar.
- Registrar.
- Examinar.
- Idear.
- Definir.
- Implantar.
- Mantener.

**Control del estudio independiente y evaluación:**

Se le conceden 5 minutos a cada equipo seleccionado, para su exposición. Los temas a exponer son los resúmenes orientados en las conclusiones de la conferencia 1.



## Desarrollo:

### Planteamiento del problema a resolver en la clase:

Obsérvese el siguiente enfoque de análisis de un proceso. Existen un conjunto de entradas, que son transformadas en salidas. Esta transformación persigue como objetivo, satisfacer determinadas necesidades de un cliente interno o externo a la organización que se trate. El proceso de transformación puede ejecutarse haciendo un uso más o menos racional de las entradas para convertirlas en salidas, de ahí que se hable de ***ser más productivos, ser más eficientes, ser más eficaces, etc.***

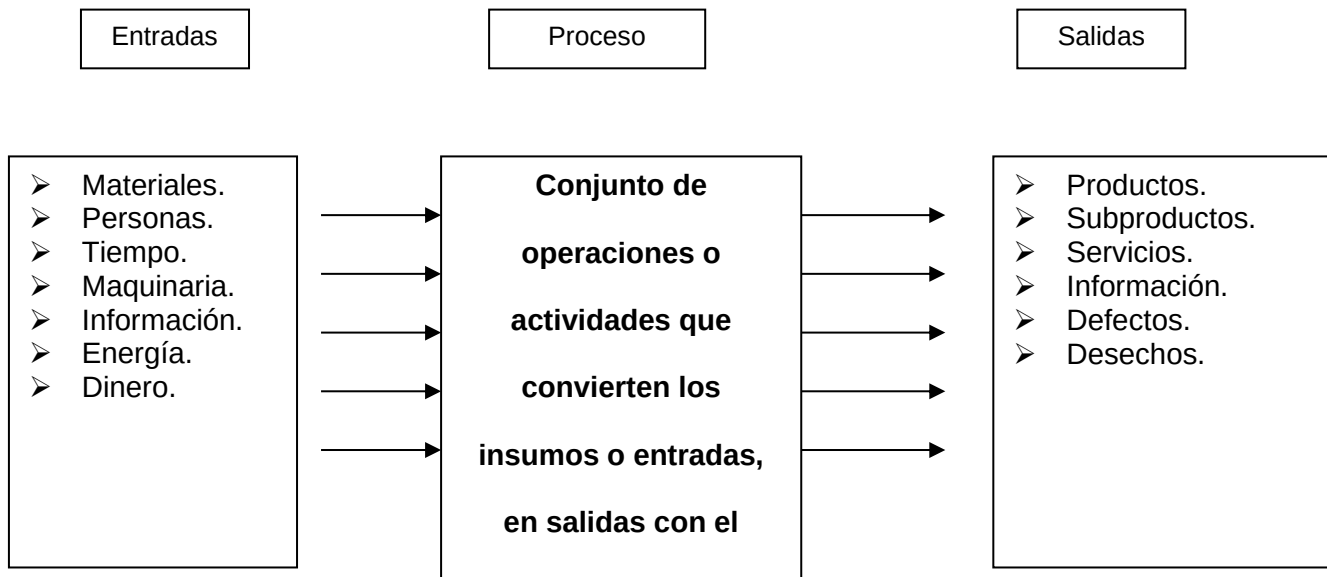


Figura No. 2: Enfoque conceptual de proceso.

Entonces debemos esclarecernos lo que significa ser más productivos, eficientes, eficaces y la relación que guardan estos conceptos. Planteemos los siguientes ejemplos para el análisis:

- La Central Termoeléctrica Carlos Manuel De Céspedes Posee como norma de consumo específico de fuel oil 345 gramos por cada KW- H de energía producida en sus unidades japonesas y tuvo un consumo real en el mes que concluye, de 315 gramos / KW-H.
- Los operadores de combinadas cañeras KTP II Del CAI 5 de septiembre Sobrecumplieron su norma diaria de corte de 16 mil @, en un 15 %.
- La brigada No 1 del puerto de Cienfuegos obtuvo 3 días por pronto despacho de buques en la descarga del buque que acaba de concluir.
- El operario de corte invierte 1,5 minutos como promedio, en el corte de un perfil para producir persianas MICALUM, de una norma de 2 minutos por perfil.

Todos estos ejemplos denotan determinados comportamientos en el uso de recursos, insumos o entradas en diferentes procesos para ser convertidos en salidas o productos, pero todos ellos tienen distinta

naturaleza. Unos insumos son materiales, otros humanos y otros expresan las magnitudes de entrada y salida en tiempos – norma.

Veamos entonces los aspectos relativos a la productividad del trabajo en esta clase.

### **Planteamiento de los objetivos:**

- Conocer los diversos conceptos de productividad del trabajo y analizarlos hasta construir su propio concepto.
- Conocer los factores de incremento de la productividad.
- Identificar las reservas y métodos para planificar dicho incremento a nivel de proceso.

### **1. Conceptos de productividad del trabajo. Métodos de cálculo.**

La productividad del trabajo es uno de los principales indicadores de eficiencia del proceso de la producción y los servicios, a nivel nacional, ramal, empresarial y de procesos. Este concepto posee una gran relación con los conceptos de costo, ganancia, rentabilidad, eficiencia, etc.

Mencionar la relación entre la productividad del trabajo y el nivel de vida, dado que en la medida que se incrementa, permite ampliar la cantidad de bienes y servicios producidos y en consecuencia una mayor posibilidad de consumirlos.

Este es un tema ampliamente debatido entre muchos filósofos y autores que han escrito sobre él. A continuación, se exponen una variedad de conceptos alrededor del tema:

1. "Los medios de producción no pueden jamás añadir al producto más valor que el que ellos mismos poseen, independientemente del proceso de trabajo al que sirven. El conservar valor añadido, es pues, un don de la fuerza de trabajo viva." Fuente: Carlos Marx. El capital.
2. Según Marx, el aumento de la productividad del trabajo consiste precisamente en disminuir la parte del trabajo vivo y aumentar la del trabajo pretérito, pero de tal forma que disminuya la cantidad de trabajo total contenido en la mercancía, lo que implica la disminución del trabajo vivo en mayores proporciones que el aumento del trabajo pretérito.
3. "Se expresa como la correlación de los gastos de trabajo con la cantidad de bienes producidos, partiendo de los niveles medios de intensidad, conocimientos y habilidades existentes en la sociedad". Marsán Castellanos. Organización del trabajo.
4. "Es la relación entre lo producido y lo insumido" (output-input). Introducción al estudio del trabajo. O.I.T.
5. Establece la relación entre la cantidad de bienes materiales producidos y la cantidad de trabajo invertido". Portuondo Pichardo. Organización y Planificación de la producción.
6. Productividad en el sentido más estricto, se define como la relación entre las salidas (outputs) y las entradas (inputs) de un sistema económico. Movimiento Colombiano de productividad.
7. La productividad es la relación entre la producción de bienes (en el caso de una empresa manufacturera) o ventas (en el caso de los servicios), y las cantidades de insumos utilizados. Si nos referimos en específico a la productividad laboral, la relación será entonces entre la producción y los insumos laborales. Metodología México.

8. Productividad = Producción obtenida / insumos gastados = Desempeño alcanzado / Recursos consumidos = Efectividad / Eficiencia. Oscar Hugo Pedraza. Escuela de Economía, UMSNH.
9. La productividad del trabajo es un indicador de suma importancia que representa la efectividad del gasto de trabajo del hombre. Solo el trabajo del hombre tiene productividad. De ahí que sea incorrecto hablar de la productividad de los equipos, de las maquinarias, de las instalaciones, etc. Instituto de investigaciones del trabajo, MTSS.

Se concluye con los aspectos comunes a todos:

- Se establece como una relación entre entradas y salidas a cualquier nivel de análisis.
- Tiene una estrecha relación con el concepto de eficiencia de la producción o los servicios y el nivel de vida.

En su forma más general, la productividad del trabajo se calcula por la expresión general siguiente:

$$PT = \frac{V}{T}$$

Donde: PT es la magnitud de la productividad del trabajo.  
V es la magnitud de la salida.  
T es la magnitud de la (s) entrada (s).

Como se ha dicho antes, las entradas pueden ser diversas. Cuando el análisis abarca **solo una entrada**, entonces no referimos a la **productividad individual del trabajo**. En el caso que se considere como única entrada **al hombre** en sus diferentes formas de participación en el proceso, entonces estamos hablando de **productividad laboral o productividad del trabajo vivo**, entonces la expresión toma la forma siguiente:

$$PT = \frac{V}{T}$$

Donde: PT es la magnitud de la productividad del trabajo.  
V es la magnitud de la salida.  
T es la magnitud del insumo laboral, expresado en  
Cantidad de obreros, trabajadores en general, horas  
Hombres trabajados, hombres días insumidos, etc.

De lo contrario, si consideramos múltiple entradas o insumos, que representen tanto al trabajo vivo como el trabajo pretérito, entonces estamos calculando la productividad total o productividad social y la expresión tomaría la forma siguiente:

$$PT = \frac{V}{T_v + T_m}$$

Donde: PT es la magnitud de la productividad del trabajo.  
V es la magnitud de la salida.  
T<sub>v</sub> es la magnitud del trabajo vivo.  
T<sub>m</sub> es la magnitud del trabajo pretérito.

### Métodos de cálculo de la productividad.

En la práctica se emplean diferentes métodos para medir la productividad que han demostrado su eficiencia

y que a través del conocimiento de sus deficiencias y limitaciones posibilitan conocer con que efectividad se ha producido.

Los métodos más generalizados son:

1. Método natural o de unidades físicas.
2. Método valoral.
3. Método laboral o del tiempo normado.

**Método natural o de unidades físicas:**

Por este método puede obtenerse la productividad expresada en unidades físicas (piezas, objetos, toneladas, metros, etc). Para ello se relaciona la cantidad de artículos producidos (expresados en las unidades correspondiente) con el gasto de trabajo de dicha unidad de tiempo y que puede expresarse en horas, días, trabajadores, obreros, etc.

Este es un método sencillo y permite conocer más realmente el resultado del trabajo, sin embargo, hay que tener en consideración que este método puede emplearse a nivel de brigada, proceso o empresa sólo si la producción es homogénea.

**Ejemplo:**

Una empresa de calzado produjo 800 000 pares de zapatos en un año. El mínimo total de trabajadores promedio que asistieron al trabajo fue de 1200, de los cuales 900 son obreros. En esta producción se emplearon 1 600 000 horas-hombre.

Aquí podemos calcular la productividad del trabajo por trabajador, por obrero y por hora - hombre.

**Productividad por trabajador**

$$P = \frac{V}{T} = \frac{800\,000}{1\,200} = 667 \text{ pares zapatos/trabajador en el año}$$

**Productividad por obrero**

$$P = \frac{V}{T} = \frac{800\,000}{900} = 889 \text{ pares zapatos/obrero en el año}$$

**Productividad por hora-hombre**

$$P = \frac{V}{T} = \frac{800\,000}{1\,600\,000} = 0,5 \text{ pares zapatos/horas-hombre}$$

En este ejemplo podemos observar que la productividad del trabajo puede ser determinada utilizando diferentes indicadores, por lo que tendremos que analizar cuál de ellos se ajusta a las características de los objetivos que pretendemos alcanzar.

**Método natural condicionado o de unidades convencionales:**

Este método es una variante del método natural que se emplean en aquellas ramas en que su producción es más o menos similar, las que se pueden reducir a unidades convencionales.

Ejemplo: La fábrica de calzado, del ejemplo anterior, produce los 800 000 pares de 4 modelos diferentes, cuya cantidad y norma de tiempo son las siguientes:

| Tipo de calzado | Producción en pares | Nt (hrs) | Peso específico de cada modelo en el total (%) |
|-----------------|---------------------|----------|------------------------------------------------|
| Modelo 1        | 320 000             | 1,2      | 40                                             |
| Modelo 2        | 80 000              | 1,8      | 10                                             |
| Modelo 3        | 160 000             | 1,5      | 20                                             |
| Modelo 4        | 240 000             | 1,0      | 30                                             |

Evidentemente el modelo que mayor peso específico tiene dentro de toda la producción es el modelo 1, por lo tanto, debe ser la unidad tipo a la cual debo llevar el resto de los modelos. Para obtener la tabla de coeficiente de conversión tomamos las normas de tiempo y a partir de las mismas relacionamos las de cada modelo, con la norma de tiempo de la unidad tipo.

$$\text{Coef de conversión} = \frac{\text{Norma de tiempo de cada modelo}}{\text{Norma de tiempo unidad tipo}}$$

Coeficiente de conversión

$$\begin{array}{lcl} \text{Modelo 1} & \frac{1,2}{1,2} & 1,0 \\ \text{Modelo 2} & \frac{1,8}{1,2} & 1,5 \\ \text{Modelo 3} & \frac{1,5}{1,2} & 1,25 \\ \text{Modelo 4} & \frac{1,0}{1,2} & 0,833 \end{array}$$

Ahora multiplicando la producción de cada modelo por el coeficiente de conversión correspondiente anteriormente calculado, obtendremos la producción en unidades **convencionales** por cada modelo, que será la que utilizaremos a los efectos del cálculo de la productividad.

| Tipo de calzado | Producción en pares | Coef de | Producción en unidades |
|-----------------|---------------------|---------|------------------------|
|-----------------|---------------------|---------|------------------------|

|          |         | Conversión | convencionales |
|----------|---------|------------|----------------|
| Modelo 1 | 320 000 | 1,0        | 320 000        |
| Modelo 2 | 80 000  | 1,5        | 120 000        |
| Modelo 3 | 160 000 | 1,25       | 200 000        |
| Modelo 4 | 240 000 | 0,83       | 199 200        |
|          | 800 000 |            | 839 200        |

Calculamos ahora la productividad del trabajo con los gastos de trabajo que aparecen en el ejemplo anterior, es decir 1200 trabajadores, de los cuales 900 son obreros que laboran 1 600 000 horas en el año en la producción.

#### **Productividad por trabajador**

$$P = \frac{V}{T} = \frac{839\,200}{1\,200} = 700 \text{ pares zapatos/trabajador en el año}$$

#### **Productividad por obrero**

$$P = \frac{V}{T} = \frac{839\,200}{900} = 932 \text{ pares zapatos/obrero en el año}$$

#### **Productividad por hora-hombre**

$$P = \frac{V}{T} = \frac{839\,200}{1\,600\,000} = 0,52 \text{ pares zapatos/horas-hombre}$$

#### **Método valoral para determinar nivel y variación de la productividad del trabajo:**

Este método se basa en la valoración de la producción elaborada a precios al por mayor relacionándolo con el gasto de trabajo invertido en su elaboración y se expresa en pesos por unidad de gasto de trabajo. La esencia del cálculo de este método está en la medición de la productividad en las condiciones actuales, utilizando para ello diferentes valores de la producción.

Las características generales del método son:

- a) El volumen de producción o servicio (magnitud de salida) se expresa en unidades de valor.
- b) Puede aplicarse a cualquier tipo de producción.
- c) Puede incluir la producción terminada o incluir también la producción en proceso.
- d) La universalidad del valor le da a este método la ventaja de poder comparar, mediante su aplicación la productividad entre dos períodos de un mismo proceso, entre dos procesos, o comparaciones a otro nivel. Pero a estas ventajas hay que unir la necesidad de prestar atención a la posibilidad que da este método de falsear la dinámica de la productividad en la comparación de distintos períodos cuando cambian determinadas condiciones.

Entre estas condiciones, las más importantes son las siguientes:

1. Cambio de precio en los artículos.

2. Cambios en los precios de las materias primas y materiales insumidos en la producción.
3. Cambios en las normas de consumo de materias primas y materiales.
4. Cambios organizativos (unificación de empresas, establecimientos, talleres, etc)
5. Cambios en el surtido y la estructura de la producción.

A continuación, estudiaremos algunas de estas condiciones.

- **Cambios en los gastos de materias primas y materiales:**

Veamos un ejemplo práctico y veremos las desviaciones que provocan en el cálculo de la productividad este aspecto.

Supongamos que en una empresa en el período base elaboraba una producción que consumía poca materia prima y pocos materiales y en el período actual cambia la producción de sus artículos por otros en los que consume más materias primas y materiales siendo los indicadores para ambos períodos los siguientes:

| Indicadores                            | Período base | Período actual |
|----------------------------------------|--------------|----------------|
| Cantidad de artículos (unidad)         | 1 500 000    | 1 500 000      |
| Precio de cada artículo (pesos/u)      | 25           | 27,5           |
| Cantidad de trabajadores               | 1000         | 1000           |
| Norma de gasto de materiales (Kg/u)    | 1,5          | 2,5            |
| Precio de 1 Kg de materiales (pesos/u) | 2,5          | 2,5            |

Calculemos el incremento de la productividad afectada por los cambios en la norma de gasto de materia prima y materiales entre un período y otro.

$$P = \frac{P2 - P1}{P1} \times 100$$

$$P1 = \frac{1\,500\,000 \times 25}{1000} = \$ 3750 \text{ /trabajador}$$

$$P2 = \frac{1\,500\,000 \times 27,5}{1000} = \$ 4125 \text{ /trabajador}$$

$$P = \frac{4125 - 3750}{3750} \times 100 = 10 \%$$

Calculemos la productividad eliminando las influencias antes señaladas.

Si tenemos en cuenta que en el período actual hemos gastado 1 Kg más de materias primas y materiales y el precio de cada Kg es de \$ 2,50 es necesario entonces restar al precio de cada artículo en el período actual el costo del Kg de más consumido por unidad y de esta manera eliminamos la influencia provocada

por el cambio de la norma de gasto de materiales, es decir:

$$(2.5 - 1.5) \text{ Kg/u} \times 2.5 \text{ \$/u} = 2.5 \text{ \$/ u de producto.}$$

Por lo tanto, el precio de cada artículo producido en el período actual será:

$$\text{\$ } 27,5/\text{u} - \text{\$ } 2,5/\text{u} = \text{\$ } 25/\text{u}$$

En el precio depurado de cada artículo determinamos el valor de la producción para el período actual y la productividad del trabajo.

$$P2 = \frac{1\,500\,000 \times 25}{1000} = \text{\$ } 3750/\text{trabajador}$$

$$P = \frac{3750 - 3750}{3750} \times 100 = 0 \%$$

Es decir, la productividad del trabajo no aumentó, por lo tanto, el 10 % de incremento que obtuvimos al inicio fue artificial y provocado por la influencia en el cambio de la norma de gasto de materiales.

Es importante destacar que en caso de que las normas de gastos de materiales hubiesen disminuido en el período actual habría de proceder de forma inversa a como se ha hecho en este caso. Es decir, si en vez de aumentar 1 Kg la norma de gasto de materiales, hubiese disminuido en 1 Kg, habría que sumar al precio de un artículo en el período actual el costo del Kg de menos consumido y entonces determinar el volumen de producción con el nuevo precio.

- **Cambios en los precios de las materias primas y materiales insumidos en la producción.**

Supongamos que los indicadores de una empresa son los siguientes:

| Indicadores                             | Período Base | Período actual |
|-----------------------------------------|--------------|----------------|
| Cantidad de artículos producidos        | 50 000       | 50 000         |
| Precio de cada artículo (pesos/u)       | 20           | 26             |
| Cantidad de trabajadores                | 200          | 200            |
| Norma de gasto de materiales (Kg/u)     | 2,0          | 2,0            |
| Precio de 1 Kg de materiales (pesos/Kg) | 2,0          | 5,0            |

Si calculamos la dinámica de la productividad del trabajo tendremos:

$$P1 = \frac{50\,000 \times 20}{200} = \text{\$ } 5000/\text{trabajador}$$

$$P2 = \frac{50\,000 \times 26}{200} = \text{\$ } 6500/\text{trabajador}$$

$$P = \frac{6500 - 5000}{5000} \times 100 = 30 \%$$



Es decir, que la productividad del trabajo aumentó en un 30 %. Sin embargo, vemos cómo influye el cambio de precios en la materia prima en ese incremento.

Para poder determinar la influencia del cambio de precios de la materia prima, es necesario hacer comparables los precios de la misma, por lo que hay que restar al precio de la materia prima en el período actual el precio del período base para obtener así el exceso de valor por cada Kg consumido de materia prima que afecta el volumen de producción. La diferencia de precios se multiplica por la norma de gasto de materiales del período actual determinando de esta manera el valor de la influencia del cambio de precio de la materia prima.

Para eliminar esta influencia del volumen de producción, el resultado anterior se le resta al precio del artículo en el período actual, y con el nuevo precio obtenido se determina entonces el volumen de producción y la productividad del trabajo.

$$\text{Diferencia de precio} = \$ 5/\text{Kg} - \$ 2/\text{Kg} = \$ 3/\text{Kg}$$

$$\text{Valor de la influencia del cambio de precio} = \$ 3/\text{Kg} \times 2 \text{ Kg/art} = \$ 6/\text{art}$$

$$\text{Nuevo precio obtenido} = \$ 26/\text{art} - \$ 6/\text{art} = \$ 20/\text{art}$$

$$P2 = \frac{50\,000 \times 20}{200} = \$ 5000/\text{trabajador}$$

Con esta productividad libre de la influencia de los cambios de precio en la materia prima se realiza la comparación con el período base:

$$P = \frac{5000 - 5000}{5000} \times 100 = 0 \%$$

Es decir que la productividad del trabajo no ha tenido variación, lo que indica que el 30 % que nos dio al principio se debe a la variación sufrida en el precio de la materia prima y que por lo tanto no ha habido una mejor efectividad en el trabajo.

Este caso también puede producirse a la inversa, es decir que haya una disminución en el precio de la materia prima de un período a otro, el procedimiento a seguir es el mismo, pero tomando en cuenta que los ajustes correspondientes hay que hacerlo entonces referido al período base.

#### - Cambios de precios en los artículos

Esto ocurre cuando el artículo varía el precio por razones ajenas a la producción del mismo, es decir, que no se debe a que el producto sea diferente o tenga mayor o menor gasto de trabajo por unidad producida o sea que este cambio de precio se produce por razones de mercado u otras.

Para eliminar esta influencia es preciso realizar los cálculos sobre precios constantes para ambos períodos para hacer la comparación sobre bases uniformes.

Supongamos que los indicadores de una empresa fueron los siguientes:

| Indicadores                      | Período base | Período actual |
|----------------------------------|--------------|----------------|
| Cantidad de artículos producidos | 500 000      | 540 000        |
| Precio de cada artículo (pesos)  | 15           | 20             |
| Cantidad de trabajadores         | 220          | 220            |

Si calculamos la dinámica de la productividad tendremos que el incremento de la productividad será:

$$P1 = \frac{500\,000 \times 15}{220} = \$ 34\,090/\text{trabajador}$$

$$P2 = \frac{500\,000 \times 20}{220} = \$ 49\,090/\text{trabajador}$$

$$P = \frac{49\,090 - 34\,090}{34\,090} \times 100 = 44\%$$

Para eliminar la influencia del cambio de precios en los artículos es necesario valorar la producción de ambos períodos con un mismo precio, bien puede ser el del período actual, bien el del período base.

Valorando la producción del período base al precio del período actual.

$$V1 = 500\,000 \times 20 = \$ 10\,000\,000$$

$$P1 = \frac{10\,000\,000}{220} = \$ 45\,455/\text{trabajador}$$

Con la nueva productividad se calcula el incremento de la productividad:

$$P = \frac{49\,090 - 45\,455}{45\,455} \times 100 = 8\%$$

Es decir que el 44 % de incremento que obtuvimos al inicio sólo el 8 % correspondía realmente a una mayor efectividad del trabajo, el 36 % restante fue producto de la influencia en el cambio de precios.

Valorando la producción del período actual al precio del período base:

$$V2 = 540\,000 \times 15 = \$ 8\,100\,000$$

$$P2 = \frac{8\,100\,000}{220} = \$ 36\,818/\text{trabajador}$$

$$P = \frac{36\,818 - 34\,090}{34\,090} \times 100 = 8\%$$

## 2. Factores de incremento de la productividad del trabajo y reservas de Productividad.

Ya se ha visto que uno de los indicadores fundamentales para medir la efectividad en todo proceso es la productividad del trabajo, por lo que es necesario que ésta aumente continuamente.

Para lograr aumentar la productividad hay que conocer que factores influyen sobre su aumento.

Al respecto Marx señaló:

"La capacidad productiva del trabajo depende de una serie de factores, entre los cuales se cuentan el grado medio de destreza del obrero, el nivel de progreso de la ciencia y de sus aplicaciones, la organización social del proceso de producción, el volumen y la eficacia de los medios de producción y las condiciones naturales".

En general, los estudiosos de la productividad enfocan los factores de incremento en tres grupos principales. Estos son:

### Enfoque de incremento de la PT en el puesto de trabajo o proceso.

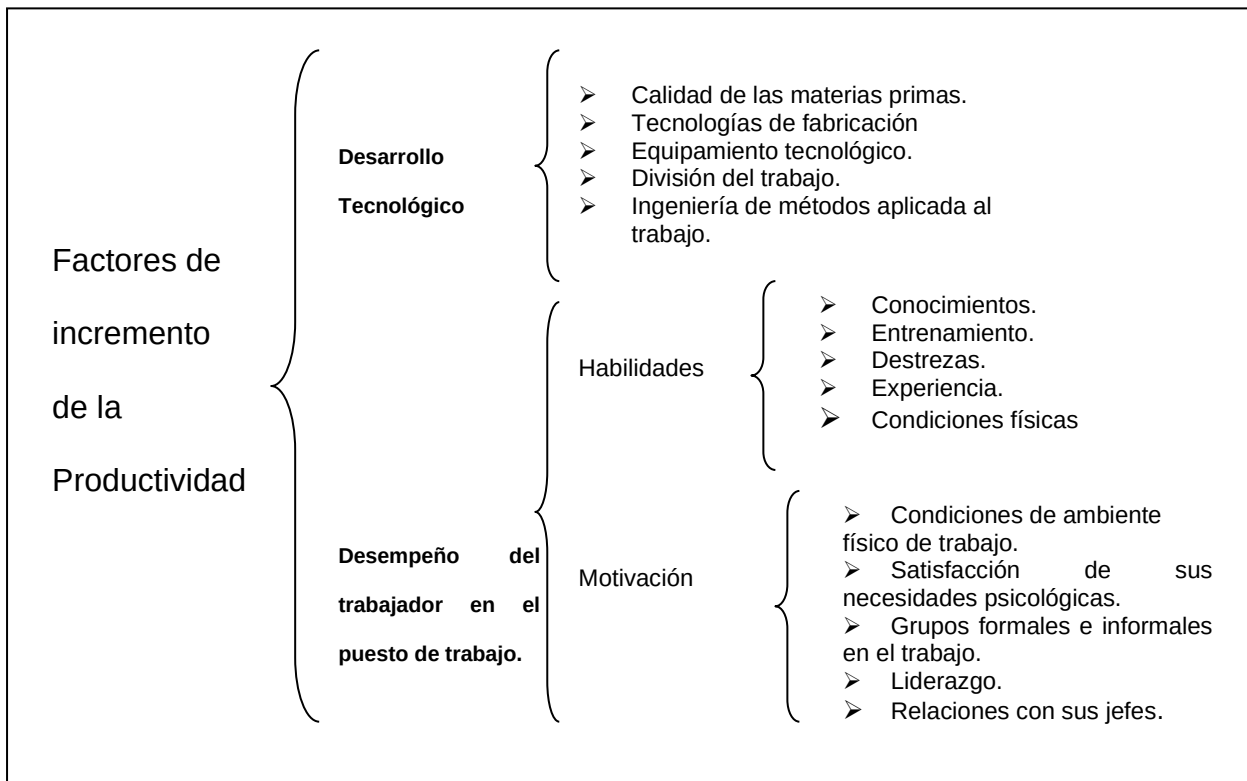


**Figura 3:** Factores de la productividad. Enfoque a nivel de puesto de trabajo y proceso.

### Enfoque de incremento de la PT a nivel de Rama y Economía Nacional. (MTSS)

- Factores técnicos-materiales: Son aquellos que dependen del nivel de desarrollo de los medios de producción y su utilización. Entre estos están:
  - Las condiciones naturales.
  - El progreso científico-técnico.
- Factores socio-económicos: Son los relacionados con los cambios operados en lo concerniente a la fuerza de trabajo. Su organización, calificación y actitud ante el trabajo.

- Factores técnicos-materiales
- Condiciones naturales.

Indudablemente que las condiciones naturales tienen influencia en la productividad del trabajo en sectores de nuestra economía, fundamentalmente en la agricultura y la minería.

Marx dijo:

La diversidad de las condiciones naturales del trabajo hace que la misma cantidad de trabajo satisfaga en distintos países distintas masas de necesidades y que, por tanto, en condiciones por lo demás análogas, el tiempo de trabajo necesario sea distinto".

- Progreso científico-técnico.

Esta reconocido internacionalmente como uno de los factores claves en el incremento de la productividad en nuestra era; precisamente nos encontramos en pleno auge de la revolución científico técnica.

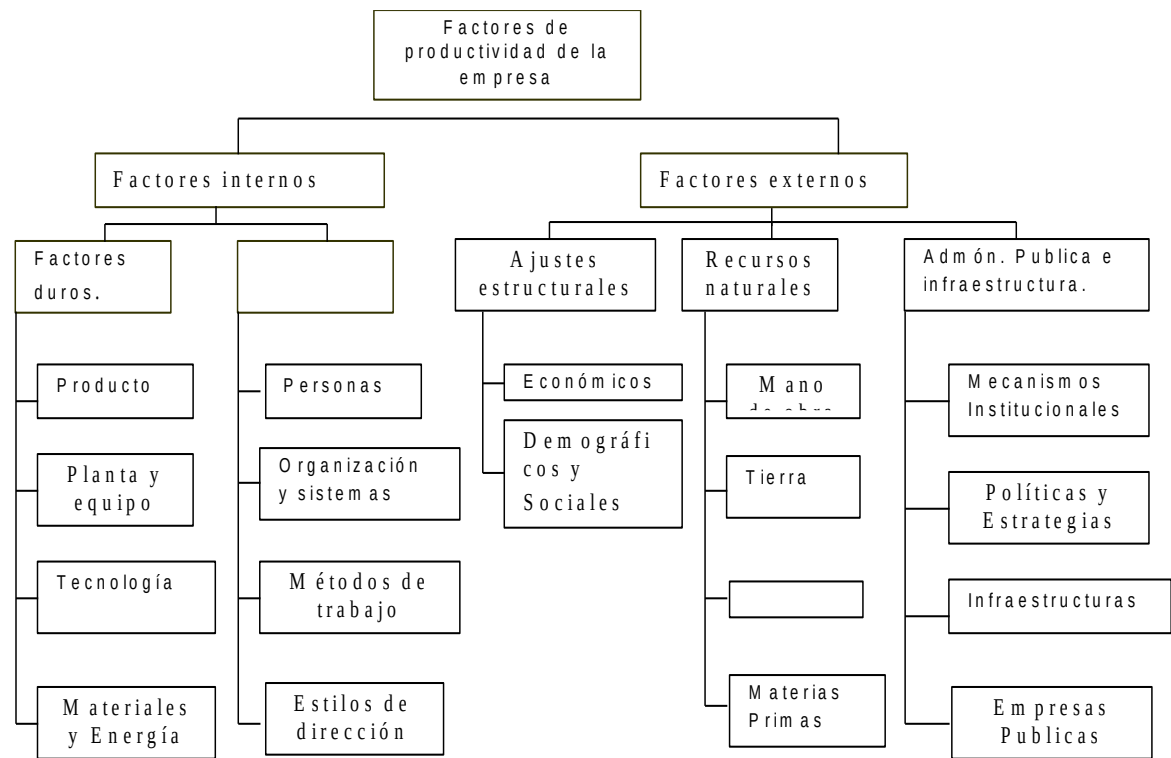
- Los adelantos tecnológicos.
  - Mecanización.
  - Electrificación.
  - Quimización.
  - Automatización.
  - La modernización de la maquinaria y su uso en forma extensiva y óptima.
  - La utilización de las materias primas y materiales adecuados y su consumo económico.
  - La elevación de la calidad de la producción.

Los factores anteriores constituyen una de nuestras vías para incrementar la productividad del trabajo (poner ejemplos), sin embargo, no nos podemos olvidar de una realidad objetiva que presentan estos factores, y es que los mismos cuestan mucho y, por tanto, las posibilidades de aplicación están limitadas económicamente.

De aquí, que para progresar técnicamente tienen que progresar también un conjunto de factores (ideológicos, culturales y organizativos) que tienden a disminuir el trabajo vivo; esto son:

- Factores socio-económicos
- Elevación del nivel técnico profesional y cultural de los trabajadores.
- Racionalización de la fuerza de trabajo.
- Mejores métodos de trabajo.
- La seguridad e higiene del trabajo.
- El mantenimiento preventivo planificado.
- Los sistemas motivacionales para el personal.
  - Emulación socialista.
  - Participación de las masas.
  - Salarios.
- El fortalecimiento de la disciplina laboral.

**Enfoque de incremento de la PT a nivel de empresa.**



Fuente: Prokopenco,J. La Gestión de la Productividad, Editorial Noriega-Limusa, México, 1991. p. 10

**Figura 4:** Factores de la productividad. Enfoque a nivel de empresa.

**Conclusiones:**

**Generalización de los contenidos orientados:**

Recordar que al inicio de la clase se ponen algunos ejemplos referentes a la productividad, entonces ahora se pregunta a los alumnos de nuevo siguiendo los diversos enfoques de productividad.

| Entrada               | Proceso                | Salida                |
|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| ➤ Consumo de fuel oil | → Generación eléctrica | → KW / H producido    |
| ➤ Horas invertidas    | → Proceso de Corte     | → Caña cortada        |
| ➤ Hombres – Días      | → Descarga de buques   | → Volumen descargado. |
| ➤ Horas - norma       | → Corte de perfiles    | → Perfiles cortados   |

**¿Reflejan la dinámica de la productividad, estos ejemplos? ¿Representan incrementos o disminuciones de la misma?**

Se ha dicho que el método valoral supone medir las salidas en valores monetarios para hacer los cálculos de la productividad. Para ello se utilizan indicadores como:

- Producción mercantil.
- Producción Bruta.
- Valor agregado bruto.
- Ventas
- Ingresos Totales
- Valor agregado neto.

En el caso de los cálculos que toman como base el valor agregado neto, debemos profundizar.

**Orientación del trabajo independiente:**

1. Resumir el artículo “Medición de la productividad con enfoque de valor agregado” del movimiento colombiano de productividad. Intranet. Cada equipo hace un resumen y lo entrega.
2. Revisión del artículo “Medición de la productividad de valor agregado” de Red Colombiana de centros de productividad.

**Nexo – Motivación próxima clase:**

En la siguiente clase se realizará una clase práctica con el objetivo de que ejerciten los conocimientos adquiridos en las conferencias anteriores sobre los métodos de cálculo de la productividad del trabajo.

**Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez"**

**Facultad de Ingenierías**

**Departamento Ingeniería Industrial**

**Asignatura:** Organización de Procesos y Puestos.

**Tema I:** El estudio del trabajo y el aumento de la productividad.

**Conferencia No. 2. Continuación. Modalidad a distancia.**

**Sumario:**

1. Método Valoral y otros enfoques para el cálculo de la productividad.

➤ **Definiciones de Pt**

$$\text{Índice de productividad} = \frac{\text{producción obtenida}}{\text{insumo gastado}} = \frac{\text{desempeño alcanzado}}{\text{recursos consumidos}} = \frac{\text{Efectividad}}{\text{eficiencia}}$$

$$\text{Productividad parcial del recurso } i = \frac{\text{total producido}}{\text{Total requerido del recurso } i}$$

Estas se analizaron en la clase pasada desde el punto de vista conceptual y se mostró su aplicación en función de calcular la productividad del trabajo vivo, es decir, considerando como recurso al hombre, este concepto se detalla a continuación:

- Productividad laboral o del trabajo vivo: Trabajo invertido directamente al momento de fabricar un producto (Cantidad de obreros, trabajadores u horas-hombre). Se considera al hombre (mano de obra) como única entrada.

Pero también se puede considerar en función del trabajo pasado:

- Productividad del trabajo pasado o pretérito: Se tienen en cuenta el capital empleado y los bienes intermedios para producir una determinada salida de proceso.
  - Capital empleado: Incluye horas- máquina para un tipo específico de maquinaria (unidades físicas), activos fijos, maquinaria y equipos, activos totales (unidades monetarias) involucrados para una determinada salida de proceso.
  - Bienes intermedios: Se refieren a materiales, energía y servicios comprados para una determinada salida de proceso.

Son el trabajo vivo y el pretérito dos formas en que se pueden presentar las entradas para el cálculo de la productividad (PT).

En el caso de las salidas pueden encontrarse en:

- Unidades físicas: Cantidad de producto. (Métodos: Natural y Natural Condicionado)
- Unidades monetarias: Se expresan las salidas en unidades monetarias y se calcula la Pt por el método valoral.

**Entonces se puede determinar:  $Pt = \text{Salidas} / \text{Entradas}$ , también abordada entre las definiciones estudiadas anteriormente.**

De esta forma se pueden calcular diferentes índices de productividad, los que se especifican a continuación:

### **Índices de productividad:**

En términos generales, un índice de productividad es el cociente entre la producción de un proceso y el gasto o consumo de dicho proceso:

$$\text{Índice productivo} = \text{producción} / \text{consumo}$$

Un índice de productividad puede utilizarse para comparar el nivel de eficiencia de la empresa, ya sea en su conjunto, o respecto de la administración de uno o varios recursos en particular. De acuerdo con estos objetivos, puede haber índices de productividad total, o índices de productividad parcial. Un índice de productividad total es el cociente entre la producción y el consumo total de todos los factores.

$$\text{Índice de productividad total} = \text{producción} / \text{consumo total}$$

Un índice de productividad parcial es el cociente entre la producción y el consumo de uno o varios factores.

$$\text{Índice de productividad parcial} = \text{producción} / \text{consumo de uno o varios factores}$$

Cuando un administrador sospecha que su empresa no es productiva (su índice de productividad total es bajo), la acción inmediata será investigar por qué su empresa no es productiva; para este efecto, puede considerar los índices de productividad parciales; con ellos podrá investigar, por ejemplo, si está consumiendo mucha materia prima y, en ese caso, deberá investigar cuáles son las fuentes de desperdicio. Sin embargo, el administrador podría tener dificultades para detectar las causas de ineficiencia si la fabricación de su producto requiere de varias actividades; pudiera ser que una actividad fuera altamente productiva, mientras que otra actividad es ineficiente. Por esta razón no basta considerar índices de productividad parciales, si además no se registra la productividad por actividades. Con la finalidad de tener mayor información, consideramos índices de productividad de las actividades del proceso productivo:

$$\text{Índice de productividad de la actividad} = \text{producción de la actividad} / \text{consumo de la actividad.}$$

### **Ejemplos:**

1. Determinar la productividad en la producción de cerámica si para 90 kg de este material se emplean 100 kg de arcilla.

$$Pt = 90 \text{ kg prod} / 100 \text{ kg arc} = 0,9 \text{ kg prod/ kg arc}$$

2. Considérese la Compañía ABC. En seguida se dan los datos sobre los productos que se fabricaron y los insumos que se consumieron para un período específico.

Producción = \$1000

Insumo humano = 300

Insumo de materiales = 200

Insumo de capital = 300

Insumo de energía = 100

Insumo otros gastos = 50

Calcular los valores de productividad parcial, factor total y total.



### **Productividades parciales:**

$$\begin{aligned}\text{Productividad humana} &= \frac{\text{producción}}{\text{Insumo humano}} = \frac{1000}{300} = 3.33 \\ \text{Productividad materiales} &= \frac{\text{producción}}{\text{Insumos materiales}} = \frac{1000}{200} = 5.00 \\ \text{Productividad capital} &= \frac{\text{producción}}{\text{Insumos de capital}} = \frac{1000}{300} = 3.33 \\ \text{Productividad energía} &= \frac{\text{producción}}{\text{Insumo de energía}} = \frac{1000}{100} = 10.00 \\ \text{Productividad otros gastos} &= \frac{\text{producción}}{\text{Insumos de otros gastos}} = \frac{1000}{50} = 20.00\end{aligned}$$

### **Productividad Factor Total:**

$$\begin{aligned}\text{Productividad factor total} &= \frac{\text{Producción neta}}{\text{Insumo (mano de obra + capital)}} \\ &= \frac{\text{producción total} - \text{materiales y servicios comprados}}{\text{Insumos (mano de obra + capital)}}\end{aligned}$$

$$\text{Producción neta} = 1000 - (200+300+100+50) = 1000 - 650 = \$ 350$$

$$\text{Producción factor total} = 350/ 600 = 0.583$$

### **Total**

$$\begin{aligned}\text{Productividad total} &= \frac{\text{producción total}}{\text{Insumo total}} \\ &= \frac{\text{producción total}}{\text{Insumos (humanos + materiales + capital + energía + otros gastos)}} \\ &= \frac{1000}{(300 + 200 + 300 + 100 + 50)} = \frac{1000}{950} = 1.053\end{aligned}$$

Los pasos sugeridos para realizar el cálculo de los índices de productividad son los siguientes:

1. Construir el diagrama de flujo del proceso de producción.
2. Diseñar una tabla de consumos.
3. Seleccionar las unidades que son más apropiadas para expresar los consumos y los índices.
4. Organizar al personal para conseguir periódicamente la información que requiere nuestra tabla.
5. Calcular periódicamente nuestros índices de productividad.

### **Método Valoral. Indicadores utilizados (Consideraciones respecto a las salidas)**

El Método Valoral es aquel, en el cual el nivel de actividad, es decir la producción realizada o la cantidad de servicios prestados, se mide en unidades de valor (pesos, miles de pesos, etc.).

Un aspecto importante al utilizar este método es decidir el indicador que se toma para expresar el nivel de actividad, es decir, el indicador que se toma para expresar la cantidad de producción o de servicios prestados.

En este sentido pueden utilizarse diferentes indicadores en dependencia de las características de la Empresa y de lo que se haya establecido por los Organismos superiores.

Entre los indicadores más utilizados para expresar el Nivel de Actividad se encuentran:

- **Producción Terminada**

La Producción Terminada es aquella que ha concluido todos los pasos del proceso productivo y se encuentra lista para la venta, aun cuando se encuentre todavía en los almacenes. La misma se valora a los precios de empresa.

- **Producción Bruta**

En la composición de la Producción Bruta entra la Producción Terminada; la variación de la Producción en Proceso; la producción de herramientas, dispositivos, piezas de repuesto, etc., fabricados para consumo dentro de la Empresa; así como el valor de los Servicios prestados a terceros.

En el cálculo de la Producción Bruta la producción terminada se valora a precios de empresa, los servicios prestados a terceros a los precios consignados en las correspondientes facturas y la producción en proceso y las herramientas, dispositivos, piezas de repuesto, etc., fabricados para consumo dentro de la Empresa se valoran al costo de producción.

- **Producción Mercantil**

En el cálculo de la Producción Mercantil entra la producción terminada y semiproductos destinados a la venta valorados igualmente a los precios establecidos para la empresa y así como los servicios prestados a terceros valorados igualmente a los precios consignados en las facturas.

- **Ventas**

El indicador ventas refleja el valor de la producción comercializada o de los servicios prestados en el período, valorados a los precios consignados en las facturas correspondientes.

- **Ingresos Totales**

En este indicador se contemplan los ingresos provenientes de las ventas de la producción y de los servicios prestados a terceros facturados en el período, así como los ingresos provenientes del cobro a los obreros de los servicios de comedor y otros.

- **Valor Agregado Bruto**

El Valor Agregado Bruto, o Producción Neta Condicional como le llaman algunos autores, se determina en la industria, la agricultura y la construcción restándole a la producción bruta el valor de los gastos de materias primas, materiales, combustible, energía, servicios prestados por terceros, etc. (excepto salario y

depreciación). Lo que es lo mismo, para la determinación del Valor Agregado Bruto en estos sectores se le resta a la Producción Bruta los gastos totales excluyendo los gastos salariales y la depreciación.

En el transporte y en las empresas que prestan servicios el valor Agregado Bruto se determina restándole a los ingresos el valor de los gastos de materias primas, materiales, combustible, energía los servicios prestados por terceros, etc. (excepto salario y depreciación). Esto equivale a restarle a los ingresos los gastos totales excluyendo los gastos salariales y la depreciación.

En el comercio el Valor Agregado Bruto se calcula restándole al margen comercial (es decir: venta menos costo de la venta) los gastos de materiales, combustible, energía, servicios prestados por terceros, etc. (excepto salario y depreciación). Por tanto, el Valor Agregado Bruto en el comercio equivale a restarle a la venta el costo de la venta y todos los gastos de operación excepto los gastos salariales y la depreciación. Este indicador es el utilizado a partir del Plan del 2002 para la planificación y medición de la productividad del trabajo, según lo dispuesto por el MEP, el MFP y el MTSS. La productividad medida mediante este indicador tiene la ventaja, en comparación con los anteriores, que permite representar mejor que la eficiencia en el uso de la fuerza de trabajo, pues no contempla el valor de los insumos. También tiene la ventaja de poder comparar nuestros indicadores de productividad con los de otros países, pues en la mayoría de ellos se mide así.

Con el fin de facilitar el cálculo del Valor Agregado Bruto, en el Anexo de este documento se ofrece la forma hacerlo a partir de las cuentas utilizadas en el Sistema Nacional de Contabilidad, también se calcula como:

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Valor Agregado Bruto (VAB)}}{\text{Promedio de Trabajadores}}$$

Ahora es (VAB) debemos calcularlo de la siguiente forma:

$$\text{VAB} = \text{Producción Mercantil} - \text{Gastos Materiales} - \text{Servicios Comprados}$$

- **Valor Agregado Neto**

El Valor Agregado Neto, o Producción Neta como también se conoce, se determina restándole al Valor Agregado Bruto la depreciación de los equipos e instalaciones. Agregado Neto es lo que se conoce también como el **Nuevo Valor Creado**.

Este indicador tiene la característica de que, además de no contemplar los insumos, tampoco contempla el valor de la depreciación, aunque tiene como desventaja dificultades para poder comparar nuestros indicadores con los de otros países.

El Método Valoral tiene la ventaja de permitir un análisis más integral sobre la productividad, por cuanto el valor de la producción o los servicios prestados contempla el nivel de la calidad, lo que no puede medirse igualmente cuando la producción se expresa en unidades físicas. Tiene también como ventaja, comparado con los dos anteriores, que se puede considerar la variación de la producción en proceso, que en ciertos casos tiene gran importancia, así como también los servicios prestados a terceros y la producción auxiliar.

Sin embargo, al utilizar este método para analizar en qué medida aumentó o disminuyó la productividad del trabajo con respecto al plan o con respecto a un período anterior tomado como base, pueden tergiversarse los resultados cuando hay variación de los precios de un período a otro o cuando hay cambios sustanciales en el surtido de producción por lo que deben tomarse en cuenta al analizar esta, como se explica en la clase anterior.

### **Anexo: PROCEDIMIENTO PARA EL CÁLCULO DE LA PRODUCTIVIDAD DEL TRABAJO SEGÚN EL VALOR AGREGADO BRUTO A PARTIR DE LAS CUENTAS DEL SISTEMA NACIONAL DE CONTABILIDAD**

**Primer paso: Cálculo del Valor de la Producción de Bienes y Servicios** (Mide el Importe de los Bienes y Servicios Mercantiles y no Mercantiles).

**Fuente informativa:** Modelo 5901-05

**Tipo de actividad:** Industria, Construcción, Agricultura, Silvicultura y otras Actividades Productivas.

| <b>Indicador</b>                               | <b>Forma de cálculo</b>                                                    | <b>No de fila</b> |
|------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Valor de la Producción de Bienes y Servicios   | = Ventas netas de Producciones                                             | (F 14)            |
|                                                | (±) Variación de Existencias Producción en Proceso                         |                   |
|                                                | (±) Variación de Existencias Producción Terminada                          |                   |
|                                                | (+) Disminución (-) Aumento por conceptos distintos a producción y entrega | (F 27)            |
|                                                | (+) Gastos de Reparaciones Generales e Inversiones por medios propios      | (F 26)            |
|                                                | (-) Impuestos por la Ventas                                                | (F 19)            |
| Variación de Existencias Producción en Proceso | = Año Anterior: Col. 2 – Col. 1<br>Año Actual: Col. 4 – Col. 3             | (F 8)             |
| Variación de Existencias Producción Terminada  | = Año Anterior: Col. 2 – Col. 1<br>Año Actual: Col. 4 – Col. 3             | (F 9)             |

**Tipo de actividad:** Comercio

| <b>Indicador</b>                                                            | <b>Forma de cálculo</b>              | <b>No de fila</b> |
|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|-------------------|
| Valor de la Producción de Bienes y Servicios (Equivale al Margen Comercial) | = Ventas netas de Mercancías         | (F 15)            |
|                                                                             | (-) Costo de Ventas de Mercancías    | (F 22)            |
|                                                                             | (+) Ventas netas de Importaciones    | (F 16)            |
|                                                                             | (-) Costo de Ventas de Importaciones | (F 23)            |
|                                                                             | (+) Ventas netas de Exportaciones    | (F 17)            |
|                                                                             | (-) Costo de Ventas de Exportaciones | (F 24)            |
|                                                                             | (-) Impuestos por la Ventas          | (F 19)            |

**Tipo de actividad:** Resto de las Actividades

| Indicador                                    | Forma de cálculo                         | No de fila |
|----------------------------------------------|------------------------------------------|------------|
| Valor de la Producción de Bienes y Servicios | (=) Ingresos por prestación de Servicios |            |
|                                              | (-) Impuestos por las Ventas             | (F 19)     |
| Ingresos por prestación de Servicios         | (=) Ventas netas                         | (F 13)     |
|                                              | (-) Ventas netas de Producción           | (F 14)     |
|                                              | (-) Ventas netas de Mercancías           | (F 15)     |
|                                              | (-) Ventas netas de Importaciones        | (F 16)     |
|                                              | (-) Ventas netas de Exportaciones        | (F 17)     |

**Segundo Paso: Cálculo del Valor Agregado Bruto** (Se define como el Valor de la Producción de Bienes y Servicios menos el Valor del Consumo Intermedio)

**Fuente informativa:** Modelo 5901-05

| Indicador            | Forma de cálculo                                 | No de fila |
|----------------------|--------------------------------------------------|------------|
| Valor Agregado Bruto | (=) Valor de la Producción de Bienes y Servicios |            |
|                      | (-) Consumo Intermedio                           |            |
| Consumo Intermedio   | (=) Gasto Material                               | (F 30)     |
|                      | (+) Servicios Comprados                          | (F 37)     |

**Tercer Paso: Cálculo de la Productividad del Trabajo** (Relación entre el Valor Agregado Bruto y el Promedio de Trabajadores)

**Fuente informativa para Promedio de Trabajadores:** Modelo 0005-06

| Indicador                 | Forma de cálculo             | No de fila |
|---------------------------|------------------------------|------------|
| Productividad del Trabajo | (=) Valor Agregado Bruto     |            |
|                           | (/) Promedio de Trabajadores | Cod. 0017  |

**Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez"**

**Facultad de Ingenierías**

**Departamento Ingeniería Industrial**

**Asignatura:** Organización de Procesos y Puestos.

**Tema I:** El estudio del trabajo y el aumento de la productividad.

**Clase Práctica No. 1.**

**Sumario:** Aplicación de los métodos de cálculo de la productividad del trabajo y su dinámica.

**Objetivo:** Profundizar los métodos de cálculo de la productividad del trabajo mediante el desarrollo de ejercicios.

**Bibliografía:**

- Manual de casos prácticos de la asignatura. Parte I.
- Marsán, J. y colectivo de autores. Ingeniería de Métodos.
- Niebel, B. W, Freivalds, A. Métodos, estándares y diseño del trabajo.
- Kanawaty, G., Introducción al Estudio del Trabajo.

**Introducción a la clase práctica:**

A modo de introducir la clase práctica el profesor realiza un breve recuento de los principales aspectos tratados en las conferencias sobre los métodos de cálculo de la productividad del trabajo.

**Desarrollo de la clase práctica:**

El profesor comienza a desarrollar la clase práctica retomando la explicación de los ejemplos resueltos en la conferencia. En un segundo momento orienta dividir el aula en dos equipos los que trabajarán en conjunto para solucionar los ejercicios propuestos. A cada equipo le brinda un tiempo de treinta minutos para que trabajen unidos en la búsqueda de la solución. Posteriormente un integrante de cada equipo se para al frente del aula con el objetivo de exponer los resultados. En un último momento el profesor evalúa al equipo con una puntuación de dos (2)-cinco (5) puntos.

**Ejercicios propuestos a cada equipo:**

**Equipo 1:** Ejercicio 1 del Manual de Casos Prácticos, Parte I.

**Equipo 2:** Ejercicio 2 del Manual de Casos Prácticos, Parte I.

**Motivación para la próxima clase:**

En la próxima clase se realizará una clase práctica de manera semipresencial para consolidar los métodos de cálculo de la productividad del trabajo abordados en el tema donde los estudiantes se agruparán en equipos y enviarán la solución de los ejercicios al profesor en la fecha acordada.

**Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez"**

**Facultad de Ingenierías**

**Departamento Ingeniería Industrial**

**Asignatura:** Organización de Procesos y Puestos.

**Tema I:** El estudio del trabajo y el aumento de la productividad.

**Clase Práctica No. 2: Modalidad a distancia.**

**Sumario:** Aplicación de los métodos de cálculo de la productividad del trabajo y su dinámica.

**Objetivo:** Consolidar los métodos de cálculo de la productividad del trabajo mediante el desarrollo de ejercicios.

**Bibliografía:**

- Manual de casos prácticos de la asignatura. Parte I.
- Marsán, J. y colectivo de autores. Ingeniería de Métodos.
- Niebel, B. W, Freivalds, A. Métodos, estándares y diseño del trabajo.
- Kanawaty, G., Introducción al Estudio del Trabajo.

**Desarrollo de la clase práctica:**

La clase práctica se desarrollará de forma semipresencial. En dicha clase los estudiantes se dividirán en tres equipos para poner en práctica todo lo estudiado anteriormente y llegar a la solución de dichos ejercicios para luego ser entregados al profesor en la próxima clase.

**Ejercicios propuestos a cada equipo:**

**Equipo 1:** Ejercicio 3 del Manual de Casos Prácticos, Parte I.

**Equipo 2:** Ejercicio 4 del Manual de Casos Prácticos, Parte I.

**Equipo 3:** Ejercicio 5 del Manual de Casos Prácticos, Parte I.

**Nexo – Motivación próxima clase:**

En la próxima conferencia se comenzará el estudio del tema 2 de la asignatura: Estudio de métodos a nivel de procesos, donde se abordará las dos primeras etapas del procedimiento general: la selección del proceso y el registro del método de trabajo.

**Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez"**

**Facultad de Ingenierías**

**Departamento Ingeniería Industrial**

**Asignatura:** Organización de Procesos y Puestos.

**Tema II:** Estudio de métodos a nivel de los procesos.

**Conferencia No. 3**

**Sumario:**

1. Selección de los procesos a mejorar.
2. Registro del método. Utilización de los diagramas de proceso.

**Introducción:**

Control de asistencia.

**Bibliografía:**

- Marsán, J. y colectivo de autores. Ingeniería de Métodos.
- Niebel, B. W, Freivalds, A. Métodos, estándares y diseño del trabajo
- Kanawaty, G., Introducción al Estudio del Trabajo
- Salvendy, G., John. Handbook of Industrial Engineering.

**Rememoración de contenidos del tema anterior:**

- Recordar los diversos enfoques de productividad estudiados, sus puntos comunes y divergencia de criterios de los autores.
- Recordar los factores de incremento de la productividad del trabajo, a nivel de proceso, empresa y macroeconomía.
- Recordar los métodos de cálculo de la productividad y su dinámica.

**Aclaración de dudas y consolidación del tema anterior:**

Esta aclaración de dudas debe relacionarse con los objetivos de la clase anterior, que son:

- Conocer los diversos conceptos de productividad del trabajo y analizarlos hasta construir su propio concepto.
- Conocer los factores de incremento de la productividad e identificar las reservas y métodos para planificar dicho incremento a nivel de proceso.

**Desarrollar el siguiente ejercicio:**

Un taller que produce depósitos metálicos obtuvo en los años 2017 y 2018 los indicadores de producción siguientes:

| <b>Indicadores</b>             | <b>2017</b> | <b>2018</b> |
|--------------------------------|-------------|-------------|
| Artículos producidos           | 100 000     | 120 000     |
| Precio unitario (pesos)        | \$40.00     | 80.00       |
| Trabajadores                   | 400         | 410         |
| Gasto de materia prima (Kg)    | 2           | 4           |
| Precio / Kg materia prima (\$) | 6.00        | 12.00       |



1. Determine el índice global de productividad.
2. Determine el índice neto.

### Control del estudio independiente y evaluación:

- Un equipo resume el artículo del enfoque de productividad con valor agregado.
- Un equipo expone la búsqueda de la página web.
- Estas actividades se evalúan por equipo.

### Desarrollo:

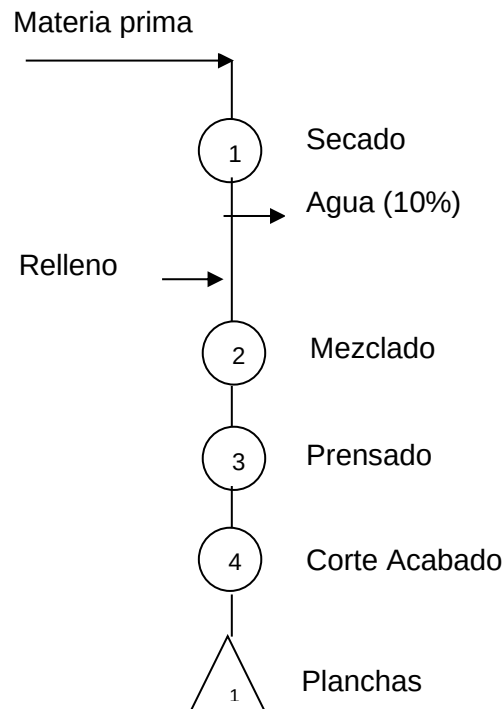
#### Planteamiento del problema a resolver en la clase:

Aquí hablar del procedimiento básico para el estudio de métodos (conferencia 1)

- Seleccionar.
- Definir.
- Registrar.
- Implantar.
- Examinar.
- Mantener en uso.
- Idear.

En la conferencia 1 se mencionó el procedimiento básico y las técnicas que permiten realizar el análisis de los métodos de trabajo en procesos y puestos de trabajo.

Se presenta el siguiente gráfico, para motivar al estudiante con respecto a las técnicas utilizadas en el registro. Debe promoverse un debate sobre el registro en el ejemplo.



#### Planteamiento de los objetivos:

- Conocer los criterios a evaluar para la selección de los procesos a mejorar.
- Identificar los diagramas de proceso en función de los objetivos del estudio de métodos.

## **1. Selección del proceso a mejorar.**

La selección del proceso a mejorar es el primer paso del procedimiento. Generalmente en una empresa coinciden varias acciones de mejora de métodos, porque continuamente debe estarse revisando cómo se hacen las cosas y mejorando siempre que esto sea necesario.

Todo cambio o proceso de mejora requiere de esfuerzos y costos. Por lo tanto, se hace necesario tomar decisiones sobre cuales procesos serán objeto de dicha mejora y en qué orden se realizará.

En el caso de los estudios de métodos, se tienen en cuenta como mínimo tres criterios para dicha evaluación.

- Criterios de índole económica.
- Criterios de orden técnico.
- Criterios que tengan en cuenta la resistencia al cambio.

### **Criterios de índole económica:**

Deben aplicarse análisis de costo beneficio para asegurar que, desde el punto de vista del comportamiento de los costos y la productividad del trabajo resultante de la mejora, sea justificable la mejora. Así serían justificables estudios en operaciones que retrasen el flujo productivo (limitantes), desplazamientos de hombres o materiales desde lugares distantes, o en operaciones repetitivas que ocupen muchos obreros o duren mucho tiempo.

### **Criterios de orden técnico:**

Los modos más modernos de hacer las cosas siempre vienen relacionados con nuevas tecnologías. Por lo tanto, es necesario cerciorarse que existan las condiciones tecnológicas para absorber y aplicar con éxito esos nuevos métodos y que las investigaciones y esfuerzos no se ejecuten en vano. Esto incluye, tanto a la disponibilidad de tecnólogos que sustenten el trabajo, como otros aspectos de la tecnología dura y blanda (organización).

### **Criterios que tengan en cuenta la resistencia al cambio:**

Se relaciona con la resistencia humana a hacer las cosas diferentes a como siempre se han hecho. En este sentido la dirección y el sindicato deben aportar su esfuerzo para convencer a los trabajadores de la necesidad del cambio.

## **2. Registro del método. Utilización de los diagramas de proceso.**

Después de elegir el trabajo que se va a estudiar, la siguiente etapa del procedimiento básico es la de registrar todos los hechos relativos al método existente. El éxito del procedimiento íntegro depende del grado de exactitud con que se registren los hechos puesto que servirán de base para hacer el examen crítico y para idear el método perfeccionado. Por consiguiente, es esencial que las anotaciones sean claras y concisas.

La forma más corriente de registrar los hechos es anotarlos por escrito, aunque este método no se presta para registrar las técnicas complicadas que son frecuentes en la industria moderna.

Esto sucede cuando hay que detallar el más ínfimo detalle de un proceso u operación, lo cual requiere de muchas páginas de escrituras, y un atento estudio por parte del lector para poder asimilar todos los detalles. Para evitar esa dificultad se idearon otras técnicas o instrumentos de anotación, de forma que pudieran consignar informaciones detalladas con precisión y al mismo tiempo de forma estandarizada, a fin de que todos los interesados la comprendan de inmediato, aunque trabajen en fábricas o países muy distintos. Entre tales técnicas, las más corrientes son los gráficos y diagramas, de los cuales hay varios tipos, cada uno de ellos con su respectivo propósito. Los gráficos utilizados se dividen en dos categorías:

1. **Los que registran flujos materiales en los procesos:** estos diagramas pueden registrar acciones que produzcan cambios o transformaciones de carácter físico, químico o biológico en las entradas o insumos de los procesos u operaciones, hasta convertirlas en salidas. Estas acciones son ejecutadas por operarios, máquinas o el propio tiempo (tiempo cronológico o climático). Estos procesos se refieren a la producción o servicios básicos y los disímiles procesos de apoyo a la producción donde son posibles tales acciones de transformación, como producción de energía, mantenimiento de equipos y maquinarias, transporte y conservación de mercancías y productos y otros procesos de apoyo.
2. **Los que registran procesos informativos,** o lo que es lo mismo, aquellos que registran cómo fluye la información en un proceso. A cada proceso de transformación material en la empresa moderna, va aparejado un flujo informativo, a los efectos de planificar, organizar, dirigir y controlar dicho proceso material. Los diagramas de procesos informativos también ayudan a tomar importantes decisiones en el campo administrativo y a mejorar los procesos de toma de decisiones y en general todos los procesos de la empresa, tales como, el procesamiento de los pedidos de los clientes, los procesos de selección de personal, el procesamiento de las nóminas, la dirección estratégica de la empresa, otros.

Los diagramas correspondientes al primer grupo mencionado surgen en los E.U. creados por la Sociedad Americana De Ingenieros Mecánicos (ASME) y utiliza la simbología OTIDA que será explicada más adelante. Estos pueden agruparse en los siguientes grupos:

- Los que sirven para consignar una sucesión de hechos o acontecimientos en el orden en que ocurren, pero sin reproducirlos a escala.
- Los que registran los sucesos, también en el orden en que ocurren, pero indicándose escala en el tiempo, de modo que se observe mejor la acción mutua de sucesos relacionados entre sí.
- Los que indican movimientos de los operarios o los materiales.

En el siguiente cuadro se muestran estos gráficos y una lista de diagramas de uso más corriente.

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>A. GRÁFICOS que indican la SUCESIÓN de los hechos.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cursograma sinóptico del proceso.</li> <li>• Cursograma analítico: el operario.</li> <li>• Cursograma analítico: el material.</li> <li>• Cursograma analítico: el equipo o maquinaria.</li> </ul> | <p>B. GRÁFICOS con ESCALA DE TIEMPO.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gráfico de actividades múltiples.</li> <li>• Simograma.</li> <li>• Gráfico STPM.</li> </ul> | <p>C. DIAGRAMAS que indican MOVIMIENTO</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Diagrama de recorrido o circuito</li> <li>• Diagrama de hilos</li> <li>• Ciclograma</li> <li>• Cronociclograma</li> <li>• Gráfico de trayectoria</li> <li>• Tabla cuadriculada.</li> </ul> |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## **Símbolos empleados en los gráficos.**

Para hacer constar en un gráfico todo lo referente a un trabajo u operación resulta mucho más fácil emplear una serie de 5 símbolos uniformes, que conjuntamente sirven para representar.

Constituyen una clave cómoda que ahorra mucha escritura y permite indicar con claridad exactamente todo lo que ocurre durante el proceso que se analiza.

Las dos actividades principales de un proceso son la operación e inspección, representadas por los símbolos.

 **OPERACIÓN:** Indica las principales fases del proceso, método o procedimiento. Por lo común, la pieza, materia o producto del caso se modifica durante la operación.

 **INSPECCION:** Indica que se verifica la calidad, la cantidad o ambas.

 **TRANSPORTE:** Indica el movimiento de los trabajadores, materiales y equipo de un lugar a otro. Hay transporte, cuando un objeto se traslada de un lugar a otro, salvo que el transporte forme parte de una operación o sea efectuado por un operario en su puesto de trabajo al realizar una operación e inspección.

 **DEPÓSITO PROVISIONAL O ESRERA:** Indica demora en el desarrollo de los hechos: por ejemplo, trabajo en suspenso entre dos operaciones sucesivas, o abandono momentáneo, no registrado, de cualquier objeto hasta que se necesite.

Es el caso de trabajo amontonado en el suelo entre dos operaciones, de los cajones por abrir, de las piezas por colocar en sus casilleros.

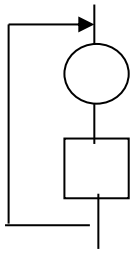
 **ALMACENAMIENTO PERMANENTE:** Indica depósito de un objeto bajo vigilancia de un almacén de donde se le recibe o entrega mediante alguna forma de autorización o donde se guarda con fines de referencia.

 **ACTIVIDADES COMBINADAS:** Cuando se <sup>se</sup> que varias actividades son ejecutadas al mismo tiempo o por el mismo operario en un mismo lugar de trabajo. Este símbolo representa la actividad combinada de operación e inspección.

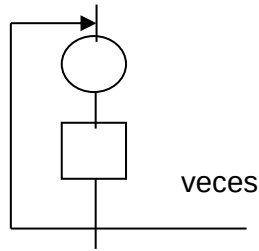
## **Reglas más comunes para el uso de los diagramas:**

Además de conocida la simbología para la representación de los procesos, es necesario reconocer las reglas o representaciones convencionales para la construcción de los diagramas; ellas son:

Reproceso

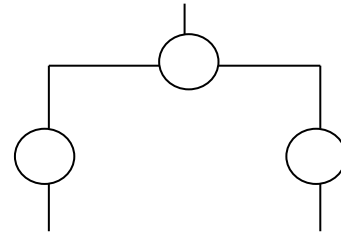


Repetición

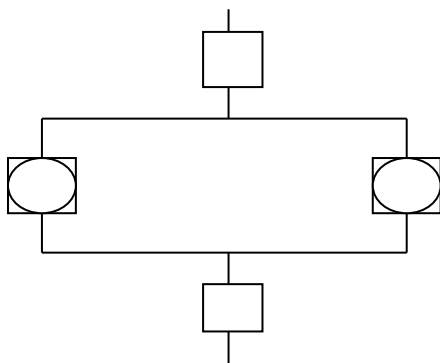


Procesos alternativos

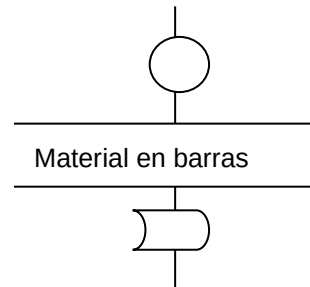
Selección independiente



Selección dependiente



Cambio de estado



### Diagramas que indican sucesión de los hechos.

Con frecuencia es útil ver de una sola ojeada la totalidad del proceso o actividad antes de emprender su estudio detallado, para eso se utiliza el cursograma sinóptico (OPERIN).

**El cursograma sinóptico del proceso (diagrama OPERIN)** es un diagrama que presenta un cuadro general de cómo se suceden tan solo las principales operaciones e inspecciones.

Para la preparación de este diagrama solo se utilizan los símbolos de operación e inspección pues solo se registra las operaciones principales y las inspecciones efectuadas para comprobar su resultado, sin tener en cuenta quien las ejecuta, de donde se llevan a cabo.

A la información que dan de por sí los símbolos y su sucesión, se añade paralelamente una breve nota de la naturaleza de cada operación e inspección, cuando se conoce, el tiempo que se les fija.

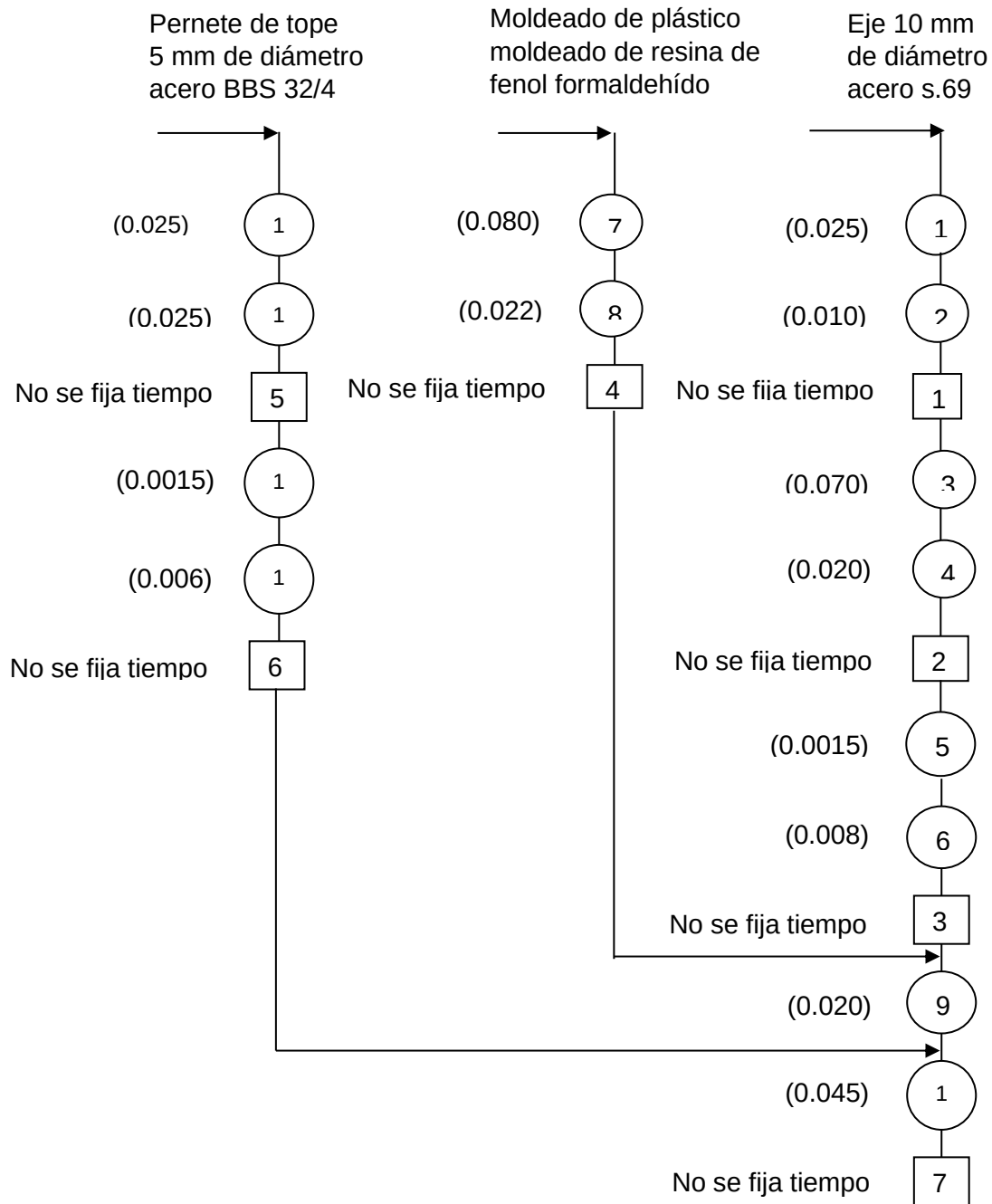
**Ejemplo** de un cursograma sinóptico: Montaje de un rotor de interruptor.

Consta de:

- Un eje
- Una mordura de plástico
- Un pernete de tope

Al hacer el cursograma suele ser práctico trazar una línea vertical a la derecha de la hoja para anotar las operaciones e inspecciones de que sea objeto la unidad o componente principal del montaje, que en este

caso es el eje, el tiempo fijado por pieza se indica, en horas, a la izquierda de cada operación. No se asigna un tiempo dado para cada inspección por que los inspectores no son retribuidos por tareas.



Actividades del montaje:

OP 1: Cepillar, torneear, muescar y cortar en torno revolver.

OP 2: Cepillar el extremo opuesto en la misma máquina.

INS 1: Verificar dimensiones y acabado.

OP 3: Aplicar fresa recta acoplada en fresadora horizontal.

OP 4: Eliminar rebaba en banco de desbarbado.

INS 2: Verificar resultado final del fresado.

OP 5: Desengranar.

OP 6: Cadmiar.

INS 3: Verificar resultado final.

OP 7: Cepillar por ambos lados, taladrar y ajustar el diámetro deseado en torno revolver.

OP 8: Hacer un orificio transversal (para el pernete de tope) y desbalbar en taladradora de doble uso.

INS 4: Verificar definitivamente dimensiones y acabado.

(pasa al almacén de piezas terminadas hasta que se necesite)

OP 9: Montar el moldeado en la parte pequeña del eje y taladrar de lado a lado el agujero para el pernete de tope.

OP 10: Tornear una espina de dos milímetros de diámetro, viscelar el extremo y cortar en un torno revolver

OP 11: Quitar las rebabas con una pulidora.

INS 5: Verificar dimensiones y acabado.

OP 12: Desengrasar.

OP 13: Cadmiar.

INS 6: Verificar resultado final. (pasa al almacén de piezas terminadas de donde sale para):

OP 14: Fijar el pernete de tope al montaje, remacharlo ligeramente para afianzarlo.

INS 7: Verificar por última vez el montaje terminado. (Vuelve al almacén de piezas terminadas)

Como puede verse en el diagrama la columna del moldeado está más cerca a la del eje, porque es el primer elemento que se montará en el eje. La del pernete está más a la izquierda porque se montará después del moldeado, y así sucesivamente si existieran otros componentes.

La enumeración de las operaciones e inspecciones se realiza partiendo de uno y sigue sin interrupción de un componente a otro de la derecha hasta que el segundo componente se une con el primero, después el orden numérico continua en este elemento y así pasa al último. La ensambladura de cualquier elemento al componente principal se indica con una línea horizontal que va desde la línea vertical de ese elemento secundario hasta el lugar que corresponde a la línea principal.

**El cursograma analítico del proceso (Diagrama de flujo del proceso)** es un diagrama idéntico al anterior en cuanto a la simbología utilizada y las reglas a seguir, con la diferencia que representa todas las actividades del mismo, es decir, Operaciones, transportes, inspecciones, demoras y almacenamientos. El diagrama de flujo del proceso se representa para el material, el operario o la maquinaria.

Explicar que el lenguaje usado en el diagrama es diferente en los tres casos.

### **Diagrama PERT:**

Cada día que pasa, las necesidades crecen y los recursos disminuyen. Es preciso aprovechar racional y económicamente los recursos existentes para que la humanidad sobreviva. Y ese aprovechamiento se hace en todos los sectores, públicos o privado, empresarial o particular.

Ya no se admite ninguna empresa que ya no sea cuidadosamente planificada. Una obra que se ejecuta sin una planificación, sin una programación y sin un control, es una empresa suicida, condenada a sucumbir. “EL PERT es un sistema técnico que disciplina la elaboración de un proyecto y el control de su ejecución a través de la utilización de diagramas y de la representación gráfica”.

El Caso de la Compañía Dupont: En 1956, la Compañía Dupont de Nemours, de Nueva York, Estados Unidos de América, constituyó un grupo de trabajo al que encargó de la misión principal de estudiar la aplicación de nuevas técnicas de administración en el sector de ingeniería de la compañía.

Habría gran dificultad en programar la introducción de nuevos productos. La compañía Dupont no conseguía realizar la introducción de los productos dentro de los plazos preestablecidos y los costos finales jamás correspondían a lo previstos. Los métodos de programación y control fracasaban cada vez que el problema adquiría alguna complejidad.

El Programa Polaris: A principios de 1958, preocuparon mucho a la Marina de Estados Unidos el atraso en la ejecución del Proyecto Polaris. Había cerca de trescientos contratistas y más de tres mil subcontratistas para cerca de quince mil elementos constituían el proyecto.

Con ninguno de los procesos conocidos la programación conseguía mantener con eficacia la coordinación necesaria para la ejecución del proyecto, de modo que se encontrara atrasado en casi dos años con relación a las previsiones efectuadas.

Se necesitaba, pues, crear un nuevo sistema para la planificación y evaluación y el control de programa de cierta complejidad, ya que todos los sistemas conocidos se habían revelado como totalmente ineficientes.

Para alcanzar el objetivo, se constituyó una comisión especial integrada por técnicos de alto nivel, con el objeto esencial de estudiar la aplicación de métodos matemáticos y principalmente estadísticos a la solución de los problemas que se presentaban y para garantizar el éxito de la empresa.

Comparación entre los métodos: Las técnicas de PERT y del CPM son de tal manera semejantes que no han resistido las innumerables tentativas de diversificarlas y de mantenerlas en campos opuestos. El CPM, originado en la empresa privada, dio énfasis a las evaluaciones deterministas y al factor costo, en tanto que el PERT, por lo menos inicialmente, sólo dio importancia al factor tiempo y a las técnicas probabilísticas para estimarlo.

Actualmente, con la gran divulgación del PERT/COSTO, los dos sistemas se encuentran integrados de tal manera que es común designarlos con la sigla conjunta PERT/CPM, como un sistema único, cuyas diferencias carecen de importancia.

### **Diagramas con escala de tiempo:**

Estos diagramas se estudian en detalle en próximas clases. Sin embargo, se aborda uno que por su importancia planificación, pudiera ser utilizado por los estudiantes en la consecución de la práctica laboral o el proyecto de curso, que es el **Diagrama Gantt**.



Los cronogramas de barras o “gráficos de Gantt” fueron concebidos por el ingeniero norteamericano Henry L. Gantt, uno de los precursores de la ingeniería industrial contemporánea de Taylor. Gantt procuró resolver el problema de la programación de actividades, es decir, su distribución conforme a un calendario, de manera tal que se pudiese visualizar el periodo de duración de cada actividad, sus fechas de iniciación y terminación e igualmente el tiempo total requerido para la ejecución de un trabajo. El instrumento que desarrolló permite también que se siga el curso de cada actividad, al proporcionar información del porcentaje ejecutado de cada una de ellas, así como el grado de adelanto o atraso con respecto al plazo previsto.

Este gráfico consiste simplemente en un sistema de coordenadas en que se indica:

**En el eje Horizontal:** un calendario, o escala de tiempo definido en términos de la unidad más adecuada al trabajo que se va a ejecutar: hora, día, semana, mes, etc.

**En el eje Vertical:** Las actividades que constituyen el trabajo a ejecutar. A cada actividad se hace corresponder una línea horizontal cuya longitud es proporcional a su duración en la cual la medición efectúa con relación a la escala definida en el eje horizontal conforme se ilustra.

**Símbolos Convencionales:** En la elaboración del gráfico de Gantt se acostumbra utilizar determinados símbolos, aunque pueden diseñarse muchos otros para atender las necesidades específicas del usuario.

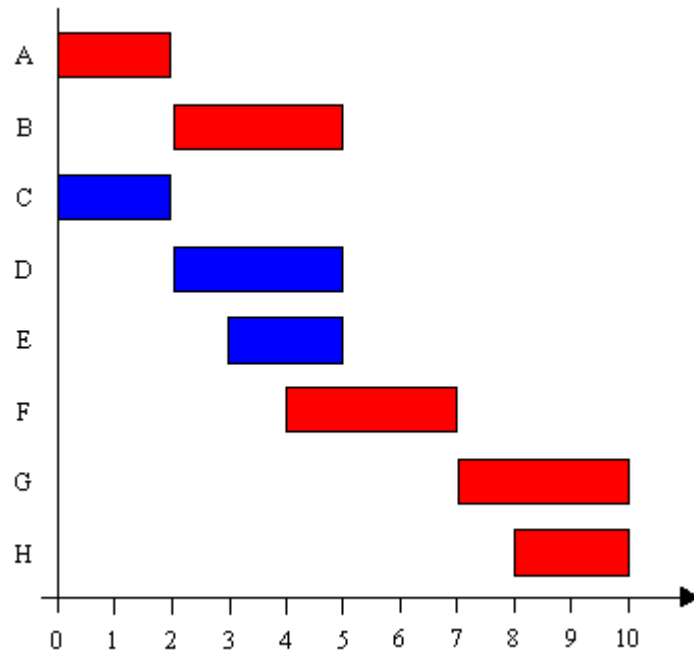
Los símbolos básicos son los siguientes:

- Iniciación de una actividad.
- Término de una actividad
- Línea fina que conecta las dos “L” invertidas. Indica la duración prevista de la actividad.
- Línea gruesa. Indica la fracción ya realizada de la actividad, en términos de porcentaje. Debe trazarse debajo de la línea fina que representa el plazo previsto.
- Plazo durante el cual no puede realizarse la actividad. Corresponde al tiempo improductivo puede anotarse encima del símbolo utilizando una abreviatura.
- Indica la fecha en que se procedió a la última actualización del gráfico, es decir, en que se hizo la comparación entre las actividades previstas y las efectivamente realizadas.
- El diagrama de Gantt consiste en una representación gráfica sobre dos ejes; en el vertical se disponen las tareas del proyecto y en el horizontal se representa el tiempo.

### **Características**

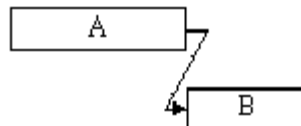
- Cada actividad se representa mediante un bloque rectangular cuya longitud indica su duración; la altura carece de significado.
- La posición de cada bloque en el diagrama indica los instantes de inicio y finalización de las tareas a que corresponden.
- Los bloques correspondientes a tareas del camino crítico acostumbran a rellenarse en otro color (en el caso del ejemplo, en rojo).

| Tarea | Predec.           | Duración |
|-------|-------------------|----------|
| A     | -                 | 2        |
| B     | A                 | 3        |
| C     | -                 | 2        |
| D     | C                 | 3        |
| E     | D <sub>II+1</sub> | 2        |
| F     | B <sub>FI-1</sub> | 3        |
| G     | D, E, F           | 3        |
| H     | G <sub>FF</sub>   | 2        |



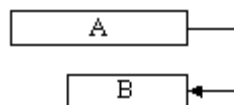
### Método constructivo:

- Dibujar los ejes horizontal y vertical.
- Escribir los nombres de las tareas sobre el eje vertical.
- En primer lugar, se dibujan los bloques correspondientes a las tareas que no tienen predecesoras. Se sitúan de manera que el lado izquierdo de los bloques coincida con el instante cero del proyecto (su inicio).
- A continuación, se dibujan los bloques correspondientes a las tareas que sólo dependen de las tareas ya introducidas en el diagrama. Se repite este punto hasta haber dibujado todas las tareas. En este proceso se han de tener en cuenta las consideraciones siguientes:

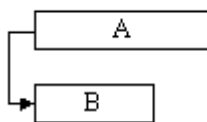


Las dependencias fin-inicio se representan alineando el final del bloque de la tarea predecesora con el inicio del bloque de la tarea dependiente.

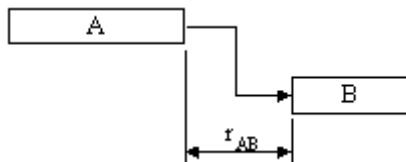
- Las dependencias final-final se representan alineando los finales de los bloques de las tareas predecesora y dependiente.



- Las dependencias inicio-inicio se representan alineando los inicios de los bloques de las tareas predecesora y dependiente.



- Los retardos se representan desplazando la tarea dependiente hacia la derecha en el caso de retardos positivos y hacia la izquierda en el caso de retardos negativos.

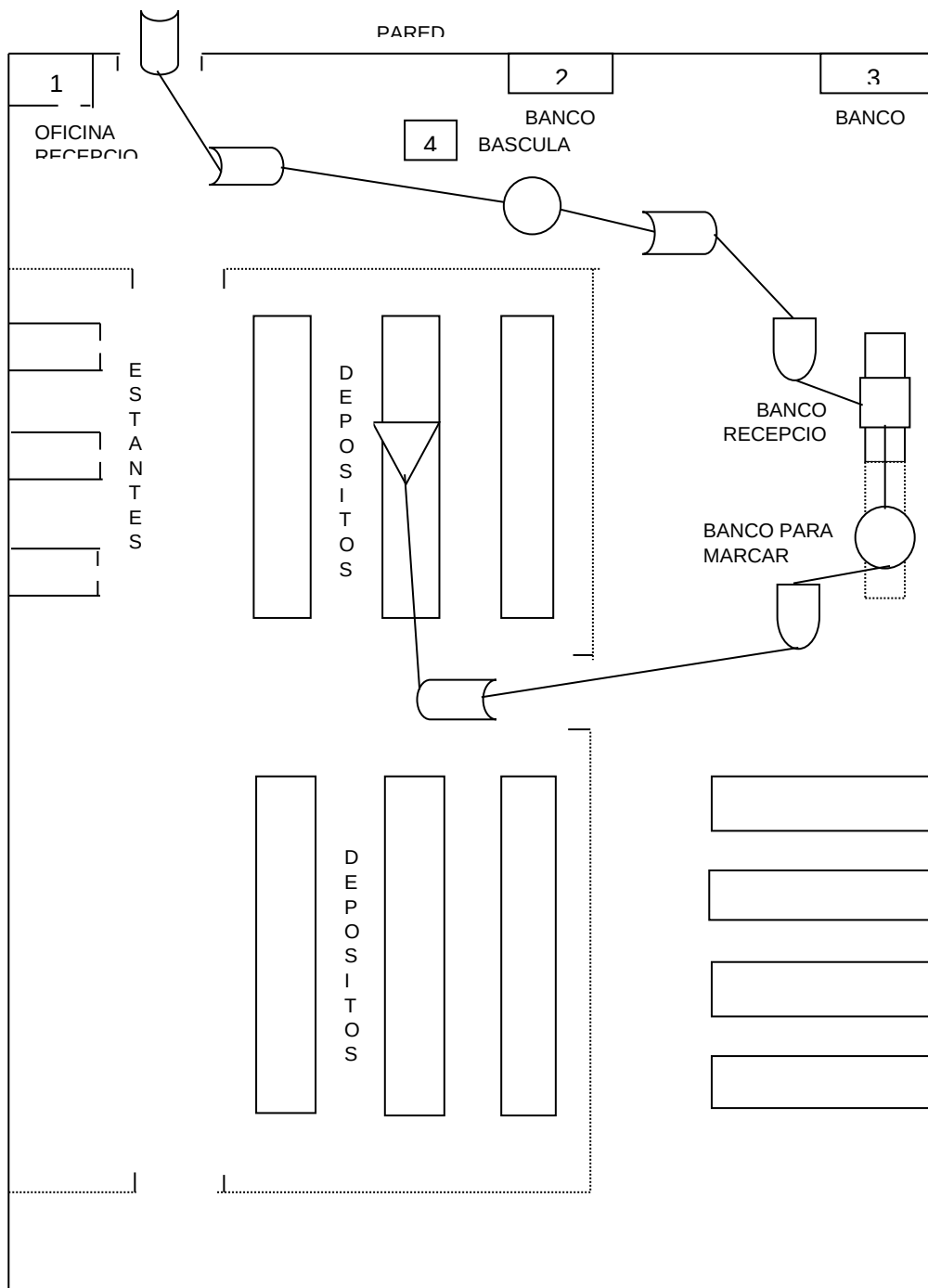


### Diagramas que indican movimiento:

**Diagrama de recorrido, (indica movimientos):** es usado especialmente cuando se quiere conocer la trayectoria que siguen los operarios y materiales a través de la fábrica o zona de trabajo durante el proceso de fabricación o en el curso de otras actividades.

El diagrama viene a ser un plano de la fábrica o taller hecho a escala, con sus máquinas, puestos y zonas de trabajo indicando en sus respectivos lugares, a partir de las observaciones hechas en la fábrica se trazan los movimientos de los materiales, piezas y objeto de estudio, utilizando algunas veces los símbolos de los cursogramas para indicar la actividad que se efectúa en los diferentes puntos de parada (ver figura 4).

Cuando hay muchas clases de actividades, en la que los trabajadores se desplazan a intervalos irregulares entre varios puntos de la zona de trabajo, con o sin material. Para registrar y examinar este género de actividades se utiliza **el diagrama de hilos**, que es un plano o modelo a escala en que se sigue y se mide con un hilo la trayectoria de los trabajadores, de los materiales o equipos durante una sucesión determinada de hechos. En un diagrama de recorrido especial, que sirve para medir las distancias con un hilo. Por eso tiene que estar dibujado a escala.



En caso de que los movimientos sean muy numerosos y sigue trayectos complicados el diagrama de hilos puede terminar en una maraña de hilos entrecruzados. Entonces el gráfico de trayectoria es una técnica de registro más rápida y más cómoda.

**El gráfico de trayectoria** es un gráfico donde se consignan datos cuantitativos sobre movimientos de trabajadores, materiales o equipos en cualquier número de lugares y durante cualquier periodo de tiempo. Ejemplo de un gráfico de trayectoria, donde se consignaron los movimientos de un mensajero encargado en una oficina de llevar documentos o recados a los diferentes pupitres y despachos.

La forma en que estos están distribuidos se puede ver en el plano esquemático de la oficina.

El gráfico de trayectoria siempre es un cuadrado, que a su vez se cuadricula. Cada cuadrado representa un puesto de trabajo. Se dibujan en el gráfico igual cantidad de cuadrados horizontales y verticales, enumerados de izquierda a derecha y de arriba hacia abajo respectivamente y se traza una diagonal que va de la parte superior izquierda a la parte inferior derecha.

Los cuadros de la parte de arriba representan los lugares de salida del recorrido; los de la parte inferior izquierda los de llegada. Si el empleado va del puesto dos al nueve y el especialista quiere anotarlo: empezando por el casillero dos de la línea de arriba, va haciendo correr el lápiz para abajo, siempre por la misma columna, hasta que llega a la línea horizontal que tiene el nueve en el margen izquierdo, ahí se hace una marca, en el correspondiente cuadradito, que es el del destino y así se sabrá que hubo un viaje del puesto dos al nueve, todos los recorridos se consignan de la misma manera, de salida a llegada. Se muestra gráficamente el ejemplo descrito.

**Tabla Cuadriculada. Trazar el recorrido de varios productos o procesos.**

Puntos de Salida (puestos de trabajo).

|   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
|   | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 2 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 3 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 4 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 5 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 6 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 7 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 8 |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 9 |   | * |   |   |   |   |   |   |   |

Después de hacer todas las marcas en los cuadrados del gráfico, suma las de cada uno y apunta allí mismo el respectivo total. Luego se resumen los movimientos de dos maneras. A la derecha del gráfico anota el total de llegadas a cada puesto, escribiendo frente al número que le corresponde según las cifras del

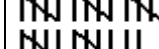
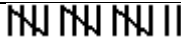
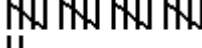
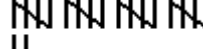
antiguo margen izquierdo. Abajo del gráfico se anota el total de salida de cada puesto está vez debajo del cuadrado que le corresponde según las cifras que encabezan el gráfico.

Cuando se fabrican varios productos o se ejecutan varios procesos simultáneamente para determinar el emplazamiento ideal de la maquinaria o de las operaciones se utiliza otro tipo de diagramas, denominados **tabla cuadriculada**.

Como se observa en la figura, la tabla cuadriculada se establece indicando tanto en las columnas horizontales como verticales de la tabla, todas las operaciones (o máquinas) por las que pasan los diferentes productos en las diversas fases de producción. El ejemplo de la figura ilustra el empleo de la tabla cuadriculada en una empresa que fabrica productos metálicos decorados. En este caso, la empresa fabrica 70 productos, cada uno de los cuales pasa por algunas de las operaciones indicadas.

Para llenar esta tabla se toma un producto a la vez y se registra la secuencia de operaciones en las casillas correspondientes. Si un producto se traslada de <estampar> a <normalizar>, se marca un trazo en la intersección entre las columnas <estampar> y <normalizar>. Si a continuación se traslada de <normalizar> a <chapar>, se marca otro trazo en su correspondiente casilla, y así sucesivamente hasta que se haya registrado toda la secuencia de operaciones de dicho producto. Luego se repite el mismo procedimiento para cada uno de los 69 productos restantes. La figura muestra la tabla cuadriculada una vez completada. A continuación, hay que decidir qué operaciones deben colocarse en posiciones adyacentes. De la tabla resulta evidente que 27 de 70 productos (o sea, 39 por ciento) van directamente de <estampar> a <embalar y expedir>. Por consiguiente, estas dos operaciones deben colocarse una junto a la otra. Así mismo, los 22 productos que se chaparon se trasladaron de <chapar> a <revestir > y de <revestir> a <pulir>, de modo que estas 3 operaciones deben ser consecutivas. Aplicando el mismo razonamiento puede establecerse la secuencia de operaciones preferida.

Una variante de esta técnica consiste en llenar la tabla cuadriculada tomando una muestra de los productos que se fabrican en mayores cantidades. Si la empresa fabrica más de 100 productos diferentes, quizás sea engorroso seguir el método indicado. Sin embargo, realizando un pequeño estudio tal vez se descubra que, por ejemplo, hay 15 o 20 productos que posiblemente representen el 80 por ciento del volumen de producción. A continuación, se anota en la tabla cuadriculada la secuencia de operaciones de dichos productos y se determina el recorrido siguiendo el procedimiento descrito.

|            | Estampar | Normalizar                                                                              | Mecanizar                                                                              | Desbarbar                                                                               | Pintar                                                                                   | Chapar                                                                                    | Revestir                                                                                    | Pulir                                                                                       | Envolver                                                                                  | Emballar y expedir                                                                        | Total |
|------------|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| Estampar   |          | <br>14 | <br>8 | <br>6  | <br>14  |                                                                                           |                                                                                             |                                                                                             | <br>1  | <br>27 | 70    |
| Normalizar |          |                                                                                         |                                                                                        |                                                                                         | <br>17  | <br>1    |                                                                                             |                                                                                             |                                                                                           |                                                                                           | 18    |
| Mecanizar  |          |                                                                                         |                                                                                        | <br>3  | <br>2   | <br>2    |                                                                                             |                                                                                             |                                                                                           | <br>1  | 8     |
| Desbarbar  |          | <br>4  |                                                                                        |                                                                                         |                                                                                          |                                                                                           |                                                                                             | <br>1    | <br>3  | <br>2  | 10    |
| Pintar     |          |                                                                                         |                                                                                        | <br>1 | <br>11 | <br>19 |                                                                                             | <br>13  | <br>2 |                                                                                           | 46    |
| Chapar     |          |                                                                                         |                                                                                        |                                                                                         |                                                                                          |                                                                                           | <br>22 |                                                                                             |                                                                                           |                                                                                           | 22    |
| Revestir   |          |                                                                                         |                                                                                        |                                                                                         |                                                                                          |                                                                                           |                                                                                             | <br>22 |                                                                                           |                                                                                           | 22    |

|                      |   |    |   |    |         |    |    |    |                           |                             |    |
|----------------------|---|----|---|----|---------|----|----|----|---------------------------|-----------------------------|----|
| Pulir                |   |    |   |    | II<br>2 |    |    |    | ZZZZZZZZ<br>ZZZZIII<br>33 | I<br>1                      | 36 |
| Envolver             |   |    |   |    |         |    |    |    |                           | ZZZZZZZZ<br>ZZZZZZIII<br>39 | 39 |
| Embalar y<br>expedir |   |    |   |    |         |    |    |    |                           |                             | 0  |
| Total                | 0 | 18 | 8 | 10 | 46      | 22 | 22 | 36 | 39                        | 70                          |    |



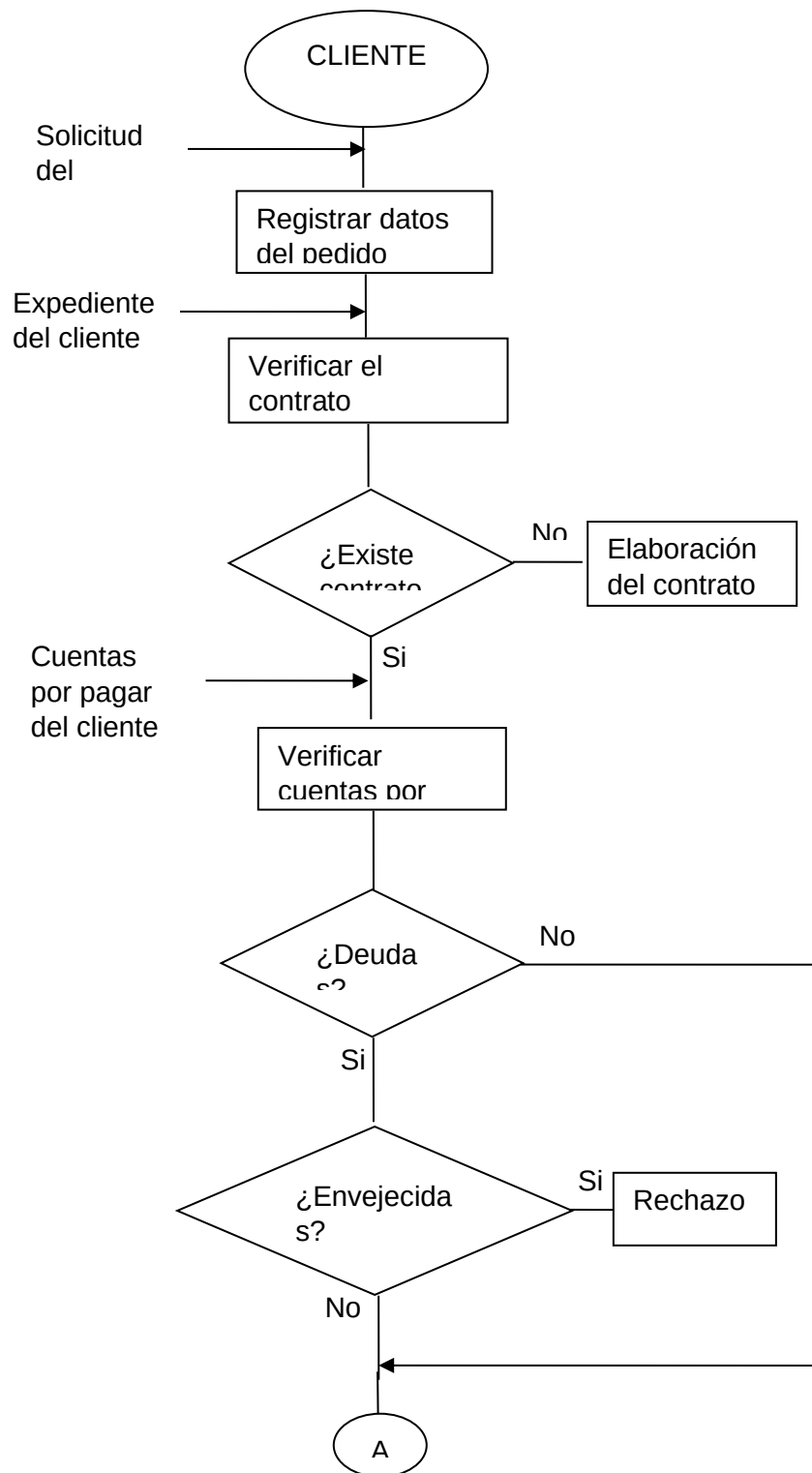
### **Diagramas de procesos informativos (procesos administrativos)**

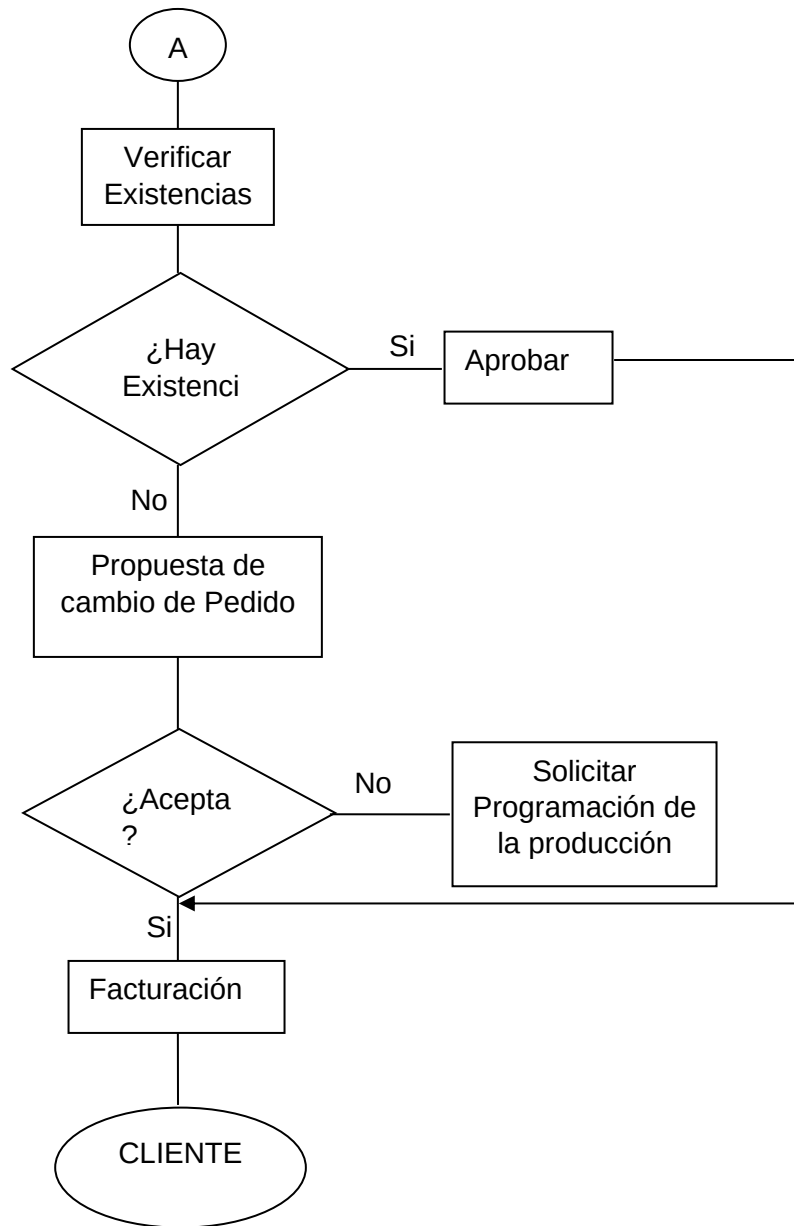
Este es el segundo grupo de referencia anteriormente. Existen muchos tipos diferentes de diagramas para representar procesos de flujo informativos y cada uno de estos tiene un propósito:

- Diagrama de flujo del Instituto Nacional Estadounidense de Estandarización (American National Standards Institute- ANSI) o diagrama de flujo standard, que analizan las interrelaciones detalladas de un proceso.
- Diagrama de flujo funcional, que muestran el flujo del proceso entre organizaciones o áreas.
- Diagrama de flujo de datos.
- Diagrama de bloque, que proporciona una visión rápida de un proceso.

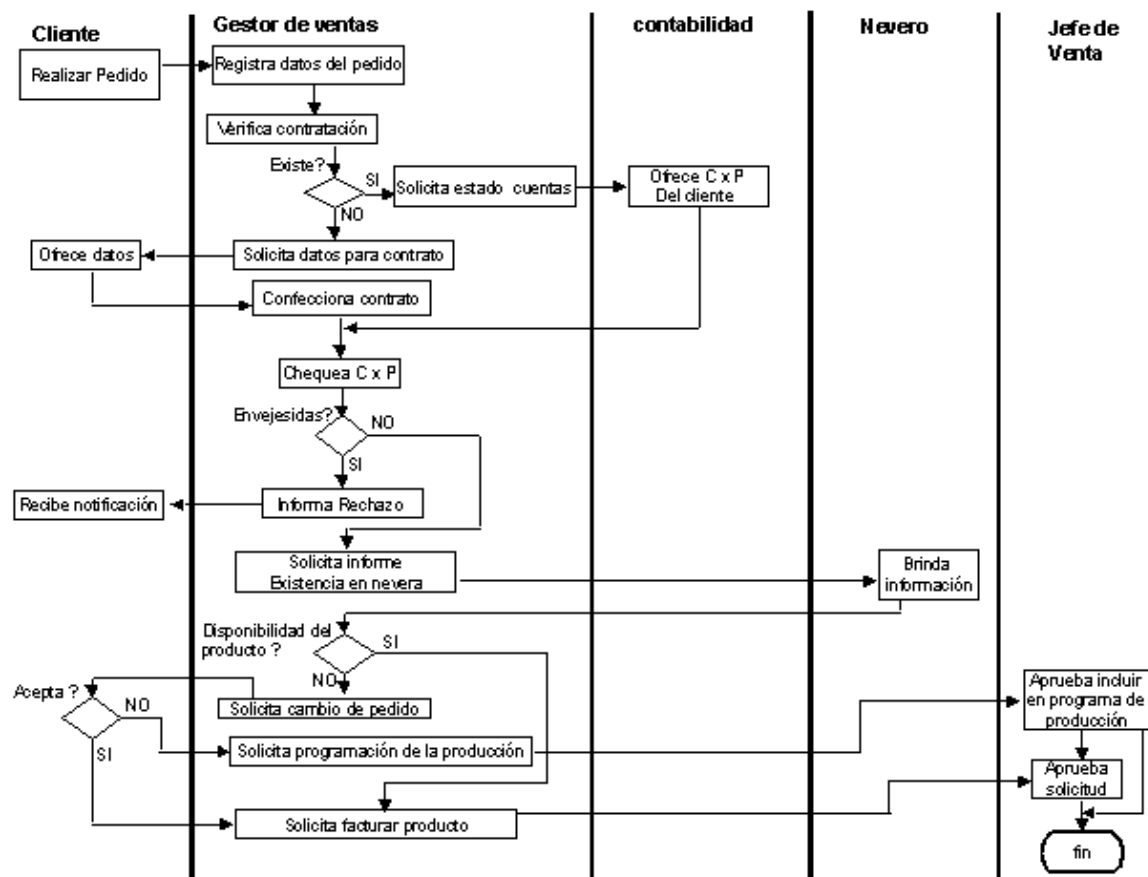
A continuación, se presentan a modo de ejemplo para su exposición por el profesor, varios diagramas de los mencionados.

**Diagrama de flujo standard del proceso Gestión de pedidos en una empresa industrial.**





## Diagrama de flujo funcional del proceso de gestión de pedidos.



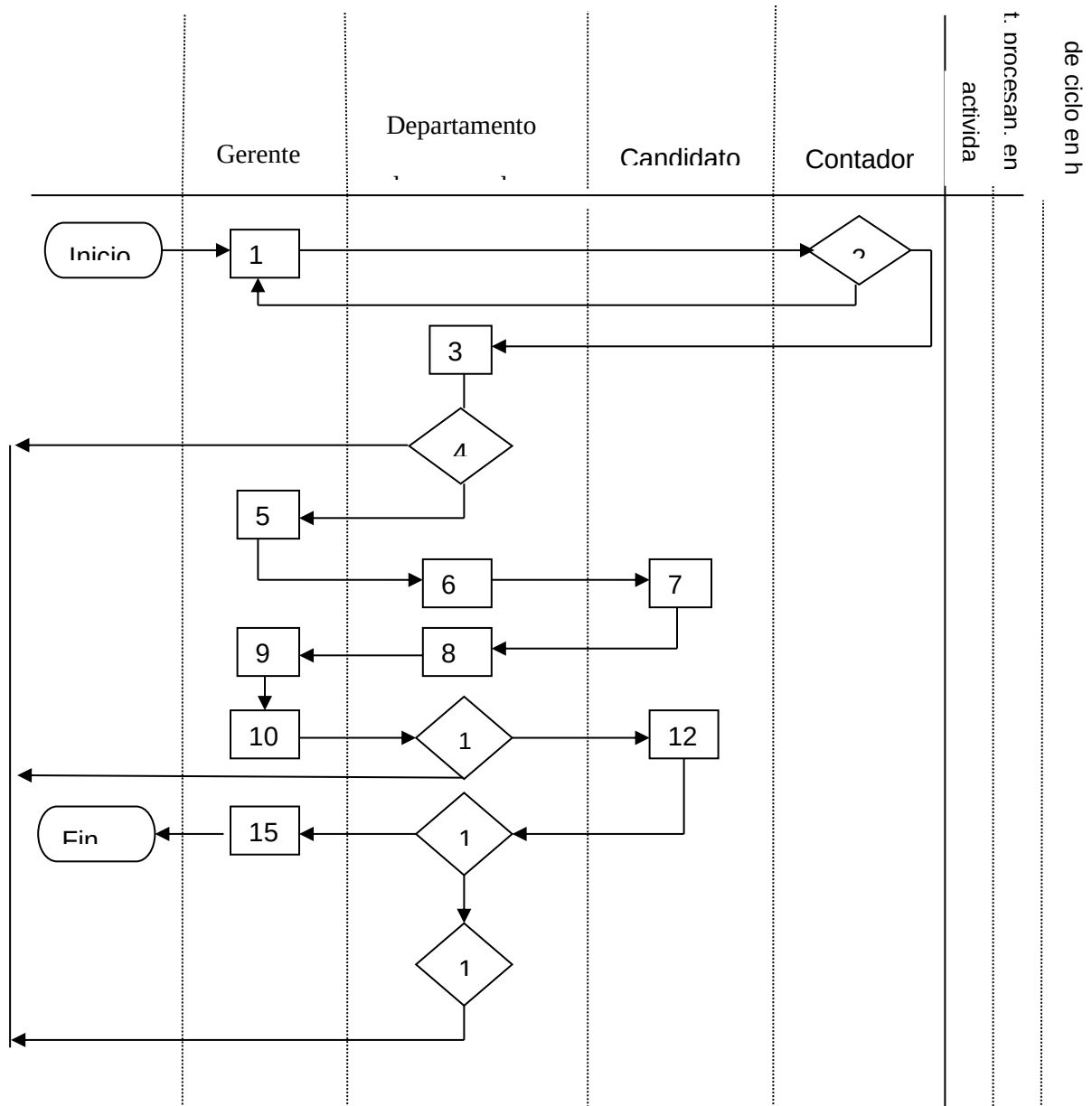


Diagrama de flujo funcional del proceso interno de búsqueda de empleo

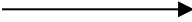
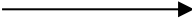
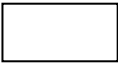
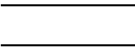
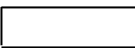
### Análisis de Flujo de Datos (AFD) o Diagrama de flujo de datos (DFD)

El análisis de flujo de datos de respuesta a cuatro preguntas:

1. ¿Qué proceso integra el sistema?
2. ¿Qué datos emplea cada proceso?
3. ¿Qué datos son almacenados?
4. ¿Qué datos ingresan y abandonan el sistema?

El AFD estudia el empleo de los datos en 4 actividades. Documenta los hallazgos con Diagramas de Flujos de Datos (DFD) que muestran en forma gráfica la relación entre procesos y datos, y en los diccionarios de datos que describen de manera formal los datos del sistema y los sitios donde son utilizados. La notación que se utiliza en esta técnica se muestra en la tabla 2.1

**Tabla 2.1** Notación para el AFD.

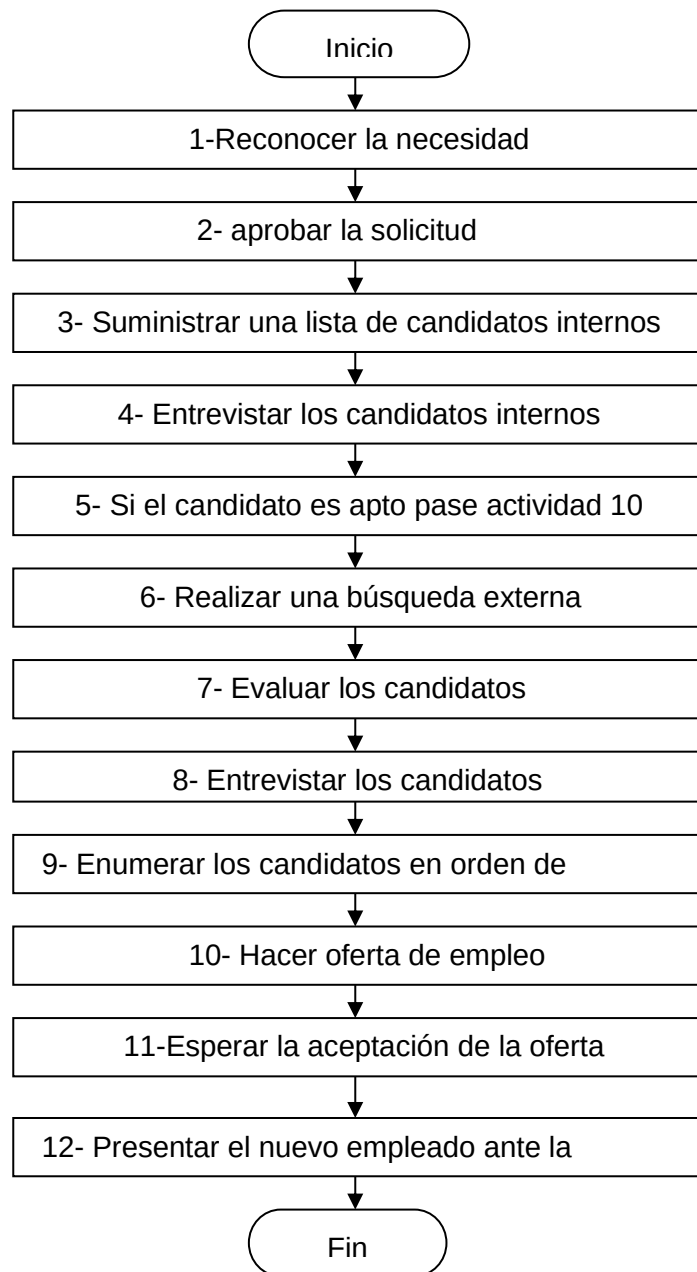
|                               | Yourdan                                                                             | Gane y Sarson                                                                        |
|-------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| Flujo de Datos                |    |    |
| Procesos                      |    |     |
| Fuente o destino de los datos |    |     |
| Almacenamiento de datos       |  |  |

El Análisis de los Flujos de Datos examina el empleo de los datos para llevar a cabo procesos específicos de la empresa dentro del ámbito de una investigación de sistemas.

### Diagrama de bloques

El diagrama de bloques, conocido también como diagrama de flujo o de bloques, es el tipo más sencillo y frecuente de los diagramas de flujo, proporciona una visión rápida no compleja del proceso.

Utilice los diagramas de bloque para simplificar los procesos prolongados o complejos o para documentar tareas individuales. Coloque una frase corta dentro de cada rectángulo para describir la actividad que se realiza debe ser concisas.



**Conclusiones generales:**

**Generalización de los contenidos orientados:**

- Hacer énfasis en la importancia del registro correcto de los métodos actuales y su relación con el examen crítico.
- Recordar dos reglas de oro del registro del proceso: registrar los hechos AS- IS y hacerlo por la vía de la observación directa.

**Orientación del estudio independiente:**

1. Estudiar la descripción del proceso en el ejercicio resuelto del Manual de Casos Prácticos, Parte II.
2. Describir el proceso de los ejercicios propuestos 1 y 2 del Manual de Casos Prácticos, Parte II y enviarlo en fecha anterior a la próxima clase. (Solo el primer inciso de cada ejercicio)
3. Seleccionar un proceso, describirlo y realizar el registro del mismo teniendo en cuenta las etapas del procedimiento estudiadas en la clase. Entregar en la próxima clase.

**Nexo – Motivación de la próxima clase.**

En la clase próxima se realizará la tercera etapa del procedimiento básico para el estudio de métodos: el examen crítico del método actual.

**Información a registrar por actividades del proceso.****Operación:**

- Nombre
- Tipo (manual, automatizada).
- Si es manual:
  - Cantidad de obreros.
  - Por ciento de ausentismo planificado de los obreros.
  - Fondo de tiempo de los obreros, desglosado en:
    - Días/año-obrero.
    - Horas/turno.
  - Si es especializada:
    - Norma
      - Tipo de norma (producción o tiempo).
      - Unidad de tiempo (segundo, minuto, hora, día, turno, mes, año).
      - Unidad de medida.
- Si es automatizada:
  - Cantidad de equipos.
  - Por ciento de mantenimiento planificado.
  - Fondo de tiempo de equipos.
    - Días/año-equipo.
    - Horas/turno.
    - Turnos/día.



- Norma (para cada conjunto de equipos con norma diferente).
  - Tipo de norma (producción o tiempo).
  - Unidad de tiempo (segundo, minuto, hora, día, turno, mes, año).
  - Unidad de medida.

#### **Inspección:**

- ¿Que se inspecciona?
- Método de inspección.
- Por ciento de producto defectuoso.
- Reprocesos.
- Destinos otros usos.

#### **Transporte:**

Tiene las siguientes propiedades a registrar:

- Duración (segundo, minuto, hora, día, mes, año).
- Tipo (manual, automatizado).
- Distancias.

#### **Almacenamientos temporales y permanentes.**

Tienen las siguientes propiedades a registrar:

- Propósito
- Tecnología de almacenamiento.
- Duración (segundo, minuto, hora, día, mes, año).

Solo en el caso de un almacenamiento permanente:

- Capacidad.

**Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez"**

**Facultad de Ingeniería**

**Departamento Ingeniería Industrial**

**Asignatura: Organización de Procesos y puestos.**

**Tema II:** Continuación. Examen crítico del método actual.

**Conferencia No. 4**

**Sumario:**

1. La técnica del interrogatorio.
2. El análisis operacional.

**Introducción:**

Control de asistencia.

**Bibliografía:**

Marsan, J. y colectivo de autores. Ingeniería de Métodos.

Niebel, B. W, Freivalds, A. Métodos, estándares y diseño del trabajo

Kanawaty, G., Introducción al Estudio del Trabajo

Salvendy, G., John. Handbook of Industrial Engineering.

**Rememoración de contenidos del tema anterior:**

- Recordar las reglas de oro del registro de métodos en procesos y operaciones.
- Recordar que se pueden registrar tanto procesos de transformación física o química de las entradas en salidas, como procesos administrativos o informativos (de oficina). En ambos casos la herramienta de registro cambia en función del propósito y del proceso que se trate.
- Recordar algunas reglas para el registro de procesos y operaciones utilizando los símbolos OTIDA.

**Aclaración de dudas y consolidación del tema anterior:**

- La aclaración de dudas debe abarcar los objetivos del tema anterior, que son:
- Conocer los criterios a evaluar para la selección de los procesos a mejorar.
- Identificar y seleccionar los diagramas de proceso en función de los objetivos del estudio de métodos.

**Control del estudio independiente y evaluación:**

Exponer la descripción del proceso de los ejercicios propuestos 1 y 2 del Manual de Casos Prácticos. 5 min por equipo.

## **Desarrollo:**

### **Planteamiento del problema a resolver en la clase:**

Una vez descrito el método actual a través de las herramientas de registro, se conoce el estado actual de dichos métodos, por lo tanto, debe aplicarse algún procedimiento que permita conocer las posibilidades de mejora a estos.

Estas mejoras pueden ser de diversa índole, tecnológica, organizativa, humana, otras.

Un modo de organizar de forma creativa la mejora de los procesos es comenzar por el análisis de las posibilidades o áreas de mejora, planteando varias variantes, que después serán evaluadas.

Dos conocidos métodos de examinar críticamente los métodos de trabajo y proponer variantes de mejora son el examen crítico que propone la OIT y el análisis operacional.

Ambos métodos se estructuran por etapas o pasos y poseen una lista de aspectos a chequear para ayudar al análisis.

### **Planteamiento de los objetivos:**

1. Aplicar las técnicas del interrogatorio y el análisis operacional, al examen crítico del método actual de los procesos, como parte del procedimiento básico.

➤ La técnica del interrogatorio.

Según la OIT (Organización Internacional de Trabajo) la técnica del interrogatorio es el medio de efectuar el examen crítico sometiendo sucesivamente cada actividad a una serie sistemática y progresiva de preguntas.

Las cinco clases de actividades registradas en el diagrama caen en dos grandes categorías:

- Aquellas en que le sucede efectivamente algo a la materia o pieza objeto del estudio, es decir, se la trabaja, traslada o examina
- Aquellas en que no se la toca y está, o bien almacenada o bien detenida en una espera.

La primera categoría puede subdividirse en tres grupos:

- **Actividades de <apresto>** para que la pieza o materia quede lista y en posición para ser trabajada.
- **Operaciones <activas>**, que modifican la forma, composición química o condición física del producto.
- **Actividades de <salida>**, como sacar el trabajo de la maquina o del taller. Lo que es <salida> para una operación puede ser apresto para la siguiente, como, por ejemplo, colocar piezas en almacén o cartas en una bandeja de <salida>; inspeccionar artículos acabados.

Es evidente que el ideal consiste en lograr la mayor proporción posible de operaciones <activas>, puesto que son las únicas que hacen evolucionar el producto de su estado de materia prima al de artículo acabado. (cuando no se trata de fábricas, son operaciones <activas> las que se ejecutan para cumplir la finalidad propia de la empresa, como vender en una tienda o escribir a máquina en una oficina). Esas son las actividades <productivas>; todas las demás, por necesarias que sean, pueden considerarse <no productivas>. Las primeras actividades cuya utilidad se ponga en tela de juicio serán, pues, las manifiestamente <no productivas>, entre la cuales los almacenamientos y esperas, que de hecho inmovilizan un capital que podría invertirse con provecho en otras cosas.

Las preguntas se hacen en un orden bien determinado, para averiguar:

eliminar

con objeto de

combinar  
ordenar de nuevo  
o  
simplificar

dichas actividades

Las preguntas preliminares serán pues:

132

|           |         |                                          |                                                                                                                      |
|-----------|---------|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| LUGAR:    | ¿Dónde  | se hace? ¿Por qué se hace allí?          | } COMBINAR siempre que sea posible u ORDENAR de nuevo la sucesión de las operaciones para obtener mejores resultados |
| SUCESION: | ¿Cuándo | se hace? ¿Por qué se hace en ese momento |                                                                                                                      |
| PERSONA:  | ¿Quién  | lo hace? ¿Por qué lo hace esa persona?   |                                                                                                                      |
| MEDIOS:   | ¿Cómo   | se hace? ¿Por qué se hace de ese modo?   | } SIMPLIFICAR la operación                                                                                           |

#### LAS PREGUNTAS DE FONDO:

*Las preguntas de fondo son la segunda fase del interrogatorio: prolongan y detallan las preguntas preliminares para determinar si sería factible y preferible reemplazar por otro el lugar, la sucesión, la persona y los medios, o todos ellos.*

En esta segunda fase del interrogatorio, después de haber preguntado ya, a propósito de cada actividad registrada, qué se hace y por qué se hace, el investigador pasa a averiguar qué más podría hacerse, y por tanto qué se debería hacer. En esa forma se profundizan las preguntas que se habían obtenido sobre el lugar, la sucesión, la persona y los medios.

Combinando las dos preguntas preliminares y las dos preguntas de fondo de cada tema (propósito, lugar, etc.) se llega a la lista completa de interrogaciones, es decir:

|            |                                    |
|------------|------------------------------------|
| PROPOSITO: | ¿Qué se hace?                      |
|            | ¿Por qué se hace?                  |
|            | ¿Qué otra cosa podría hacerse?     |
|            | ¿Qué debería hacerse?              |
| LUGAR:     | ¿Dónde se hace?                    |
|            | ¿Por qué se hace allí?             |
|            | ¿En qué otro lugar podría hacerse? |
|            | ¿Dónde deberían hacerse?           |
| SUCESION:  | ¿Cuándo se hace?                   |
|            | ¿Por qué se hace entonces?         |
|            | ¿Cuándo podría hacerse?            |
|            | ¿Cuándo debería hacerse?           |
| PERSONA:   | ¿Quién lo hace?                    |
|            | ¿Por qué lo hace esa persona?      |

¿Qué otra persona podría hacerlo?  
¿Quién debería hacerlo?  
MEDIOS: ¿Cómo se hace?  
¿Por qué se hace de ese modo?  
¿De qué otro modo podría hacerse?  
¿Cómo debería hacerse?

Esas preguntas, en ese orden, deben hacerse sistemáticamente cada vez que se empieza un estudio de métodos, porque son las condiciones básicas de un buen resultado.

Anexo a este documento se proponen una lista de preguntas utilizables en el estudio de métodos, específicamente en el examen crítico y propuesta por la OIT.

## **2. El análisis operacional.**

El Manual de Ingeniería y Organización Industrial define el **Análisis Operacional** como un procedimiento sistemático empleado para estudiar todos los factores que afectan al método de realización de una operación y alcanzar la máxima economía general. A través de este estudio se halla el mejor método posible de realización de cada elemento necesario de una operación y se incorporan nuevos desarrollos de fabricación y mantenimiento a medida que están disponibles, en un continuo esfuerzo para llevar cada tarea a una etapa más cercana a la realización automática continua.

### **Aplicaciones y limitaciones del Análisis Operacional.**

Los principios del *Análisis Operacional* son fundamentales, pues pueden ser aplicados a cualquier tipo o clase de trabajo. No hay diferencia entre un problema de coste que pueda tener un directivo en el área de mantenimiento o en una línea de producción de alto volumen parcialmente mecanizada.

Esta aplicación tan amplia es posible porque todo trabajo puede ser descompuesto en elementos que son más o menos básicos. Los métodos de trabajo usados en tareas muy distintas presentan puntos de notable similitud cuando son analizados detalladamente. El movimiento hecho por un mecánico de mantenimiento para coger un taladro eléctrico, es el mismo que hace un operario de una sala de corte para coger un par de tijeras. Similarmente, los problemas de la elevación de un crisol de colada de metal, con una grúa, en una fundición de gran producción, son los mismos que los problemas encontrados por una cuadrilla de mantenimiento al levantar el crisol y convertirlo en una superficie de apoyo. Cada directivo puede citar innumerables ejemplos similares que pueden encontrarse en las diversas tareas que se están haciendo alrededor de él cada día. Una mirada a las etapas

del análisis operacional citadas a continuación, resalta el hecho de que la técnica puede ser aplicada a cualquier tarea y que los principios de análisis operacional no están limitados en modo alguno por la naturaleza del trabajo que se está haciendo.

#### **Enfoque del análisis operacional.**

1. Observar o visualizar la operación.
2. Preguntar.
3. Estimar grado de mejora o automatización posibles.
4. Investigar diez enfoques de mejoras y automatización:
  - a) Diseño de parte o de todo el producto o servicio.
  - b) Especificación del material.
  - c) Proceso de fabricación o servicio.
  - d) Objetivo de la operación.
  - e) Exigencias de tolerancia e inspección.
  - f) Herramienta y velocidad, avances y profundidad de cortes.
  - g) Análisis del equipo (en general de la tecnología).
  - h) Distribución del puesto de trabajo y análisis de movimientos.
  - i) Flujo de material.
  - j) Distribución en planta.
5. Comparar el método con el nuevo.

#### **Diez puntos importantes de análisis.**

Al analizar una tarea o actividad hay que hacer tantas preguntas que a menos que se siga un procedimiento sistemático, es posible que ciertos puntos queden olvidados. Más de un análisis ha llegado hasta donde se decide sobre las sugerencias de mejoras, para encontrarse con todo el trabajo rechazado con una simple pregunta como: ¿Son necesarios todos los componentes para la función del producto?, que no había sido hecha previamente, y la pregunta a quien se sometió la sugerencia declaró que el estudio debía ser rechazado en lugar de tratar de mejorarlo.

Para evitar esfuerzos inútiles y estar seguro de que todos los puntos importantes se han considerado, el analista mantendrá claramente en su mente los factores que han de ser examinados en cada operación. Estos factores serán considerados en detalle tanto si el análisis es mental como si es escrito. Los diez puntos o factores que se tendrán en cuenta en cada operación según el orden en que deben considerarse, son los siguientes:

1. Objetivo de la operación.
2. Diseño de la pieza.

3. Análisis del proceso.
4. Exigencias de inspección.
5. Material.
6. Manipulación del material.
7. Distribución del lugar de trabajo, utillajes y equipo de herramienta.
8. Posibilidades comunes a toda mejora de tareas.
9. Condiciones de trabajo.
10. Método.

Cuando se está haciendo un análisis, raramente es posible completar el análisis de uno de estos factores y darlo por terminado. Casi todos los factores son independientes y un cambio en uno originará cambio en uno o más de los demás. La lista, sin embargo, indica un camino general a seguir para un mejor análisis.

Cada uno de estos diez puntos será sometido a varias preguntas que posibilitarán la realización de un análisis detallado de la tarea o actividad que se está sometiendo a un análisis operacional.

1. Objetivo de la operación.
  - ¿Es necesaria la operación?
  - ¿Logra la operación el resultado buscado?
  - ¿Puede eliminarse la operación mejorando la operación precedente?
  - ¿El suministrador del material puede realizar la operación más económicamente?
  - ¿La operación puede obtener resultados adicionales para simplificar las operaciones siguientes?
2. Diseño de la pieza.
  - ¿Son necesarias todas las piezas?
  - ¿Podrían ser sustituidas por piezas standards?
  - ¿Permite el diseño menos coste de proceso o montaje?
  - ¿De qué características de diseño hacen uso los competidores?
  - ¿Permitirá el diseño una automatización eventual?
3. Análisis del proceso.
  - ¿Puede ser eliminada la operación analizada?
  - ¿Ser combinada con otra?
  - ¿Ser realizada durante el período de otra?
  - ¿La secuencia de las operaciones es la mejor posible?



- ¿Puede hacerse la operación en otro departamento para ahorrar coste o transporte?

4. Exigencias de inspección.

- ¿Las tolerancias, acabado, concesiones y otras exigencias son necesarias?
- ¿Demasiado costosas?
- ¿Proporcionadas al objeto?
- ¿Puede ser usado el control estadístico de calidad?
- ¿El procedimiento de inspección es efectivo y eficiente?

5. Material.

Considerar dimensiones, adaptabilidad, educación y otras condiciones:

- ¿Puede ser sustituido por material más barato?
- ¿Modificaciones de herramientas permitirán el uso de materiales más ligeros o más delgados?
- ¿Un material más caro reducirá los costes de mecanizado y proceso?
- ¿Es adecuado el embalaje?

6. Manipulación del material.

- ¿Pueden ser entregados directamente en el lugar de trabajo los materiales que llegan?
- ¿Pueden usarse señales de luz o timbres para notificar a los manipuladores que los materiales están preparados para ser movidos?
- ¿Pueden utilizarse grúas, transportadores por gravedad, cestones de bandejas o carretillas especiales?
- Considerar la distribución en planta con respecto a la distancia movida
- ¿Los contenedores están correctamente dimensionados?

7. Distribución del lugar de trabajo, utillajes y equipo de herramienta.

- Ordenación del área de trabajo. Colocación de herramientas, materiales y suministros.
- ¿Cómo están sujetos los dibujos y herramientas?
- ¿Puede mejorarse la preparación?  
Piezas de prueba.  
Ajustes de las maquinas
- Herramientas  
¿Adecuadas?

¿Disponibles?

Herramientas de chicharra

Herramientas eléctricas

Herramientas especiales.

Plantillas, tornillos de banco.

Mordazas especiales.

Utillajes.

Múltiples.

Duplicadas.

8. Posibilidades comunes a toda mejora de tareas.

**Acción Recomendada**

- Instalar entregas por gravedad.
- Usar almacenamiento por caída.
- Comparar métodos si trabaja más de un operario en la misma tarea.
- Poner silla correcta para el operario.
- Mejorar plantillas y sujeciones con eyectores, mordazas rápidas, etc.
- Usar mecanismos accionados con el pie.
- Ordenar operaciones de ambas manos.
- Ordenar herramientas y piezas dentro del área normal de trabajo.
- Cambiar la distribución en planta para eliminar retrocesos y permitir acoplamiento de máquinas.
- Usar todas las mejoras desarrolladas para otras tareas.

9. Condiciones de trabajo.

Mejoras sugeridas

- Luz
- Calefacción.
- Ventilación, humos.
- Fuentes para beber.
- Lavados.
- Aspectos de seguridad.
- Diseño de las piezas.
- Trabajo necesario administrativo (para llenar fichas de tiempos o cosas parecidas).

- Probabilidad de esperas.

#### 10. Método.

- ¿Son simétricos los movimientos de las manos?
- ¿Son transferidas las piezas de una mano a la otra?
- ¿Es necesario un estudio más detallado de movimiento?
- ¿Ha sido tomada en cuenta la seguridad?

#### Postura de trabajo.

- ¿Sigue el método las leyes de economía de movimientos?
- ¿Se usan las clases más bajas de movimiento?

### **Lista indicativa de preguntas utilizables al aplicar el interrogatorio previsto en el estudio de métodos.**

La mayoría de las preguntas enumeradas a continuación se utilizan generalmente en los estudios de métodos. Vienen a ser una ampliación de las interrogaciones básicas que pueden resultar útiles para evitar el riesgo de pasar por alto algún aspecto. Están agrupados bajo los siguientes epígrafes.

- A. Operaciones.
- B. Modelo.
- C. Condiciones exigidas por la inspección.
- D. Manipulación de materiales.
- E. Análisis del proceso.
- F. Materiales.
- G. Organización del trabajo.
- H. Disposición del lugar de trabajo.
- I. Herramientas y equipos.
- J. Condiciones de trabajo.
- K. Enriquecimiento de la tarea de cada puesto.

#### **A. Operaciones.**

1. ¿Qué propósito tiene la operación?
2. ¿Es necesario el resultado que se obtiene con ella?

En caso afirmativo, ¿a qué se debe que sea necesario?

1. ¿Es necesaria la operación porque la anterior no se ejecutó debidamente?
2. ¿Se previó originalmente para rectificar algo que ya se rectificó de otra manera?

3. Si se efectúa para mejorar el aspecto exterior del producto, ¿el costo suplementario que representa mejora las posibilidades de venta?
4. ¿El propósito de la operación puede lograrse de otra manera?
5. ¿No podría el proveedor de material efectuarla en forma más económica?
6. ¿La operación se efectúa para responder a las necesidades de todos los que utilizan el producto? ¿o se implantó para atender a las exigencias de uno o dos clientes nada más?
7. ¿Hay alguna operación posterior que elimine la necesidad de efectuar la que se estudia ahora?
8. ¿La operación se efectúa por la fuerza de la costumbre?
9. ¿Se implantó para reducir el costo de una operación anterior? ¿o de una operación posterior?
10. ¿Fue añadida por el departamento de ventas como suplemento fuera de serie?
11. ¿Puede comprarse la pieza a menor costo?
12. Si se añadiera una operación, ¿se facilitaría la ejecución de otras?
13. ¿La operación se puede efectuar de otro modo con el mismo resultado?
14. Si la operación se implantó para rectificar una dificultad que surge posteriormente, ¿Es posible que la operación sea más costosa que la dificultad?
15. ¿No cambiaron las circunstancias desde que se añadió la operación al proceso?
16. ¿Podría combinarse la operación con una operación anterior o posterior?

**B. Modelo.**

1. ¿Puede modificarse el modelo para simplificar o eliminar la operación?
2. ¿Permite el modelo de la pieza seguir una buena práctica de fabricación?
3. ¿Pueden obtenerse resultados equivalentes cambiando el modelo de modo que se reduzcan los costos?
4. ¿No puede utilizarse una pieza de serie en vez de esta?
5. ¿Cambiano el modelo se facilitaría la venta?; ¿Se ampliaría el mercado?
6. ¿No podría convertirse una pieza de serie para reemplazar a esta?
7. ¿Puede mejorarse el aspecto del artículo sin perjuicio para su utilidad?
8. ¿El costo suplementario que supondría mejorar el aspecto y la utilidad del producto que daría compensado por un mayor volumen de negocios?

9. ¿El aspecto y la utilidad del producto son los mejores que se puedan presentar en plaza por el mismo precio?
10. ¿Se utilizó el análisis del valor?

**C. Condiciones exigidas por la inspección.**

1. ¿Qué condiciones de inspección debe llenar esta operación?
2. ¿Todos los interesados conocen esas condiciones?
3. ¿Qué condiciones se exigen en las operaciones anteriores y posteriores?
4. Si se modifican las condiciones exigidas a esta operación, ¿Será más fácil de efectuar?
5. Si se modifican las condiciones exigidas a la operación anterior, ¿Esta será más fácil de efectuar?
6. ¿Son realmente necesarias las normas de tolerancia, variación, acabado y demás?
7. ¿Se podrían elevar las normas para mejorar la calidad sin aumentar innecesariamente los costos?
8. ¿Se reducirían apreciablemente los costos si se rebajaran las normas?
9. ¿Existe alguna forma de dar al producto acabado una calidad superior a la actual?
10. ¿Las normas aplicadas a este producto (u operación) son superiores, inferiores o iguales a las de productos (u operaciones) similares?
11. ¿Puede mejorarse la calidad empleando nuevos procesos?
12. ¿Se necesitan las mismas normas para todos los clientes?
13. Si se cambiaran las normas y las condiciones de inspección, ¿Aumentarían o disminuirían las mermas, desperdicios y gastos de la operación, del taller o del sector?
14. ¿Las tolerancias aplicadas en la práctica son las mismas que las indicadas en el plano?
15. ¿Concuerdan todos los interesados en lo que es la calidad aceptable?
16. ¿Cuáles son las principales causas de que se rechace esta pieza?
17. ¿La norma de calidad esta precisamente definida o es cuestión de apreciación personal?

**D. Manipulación de materiales.**

1. ¿Se invierte mucho tiempo en llevar y traer el material del puesto de trabajo en proporción con el tiempo invertido en manipularlo en dicho puesto?

2. En caso contrario, ¿Podrían encargarse de la manipulación los operarios de máquinas para que el cambio de ocupación les sirva de distracción?
3. ¿Deberían utilizarse carretillas de mano eléctricas o elevadoras de horquilla?
4. ¿Deberían idearse plataformas, bandejas, contenedores o paletas especiales para manipular el material con facilidad y sin daños?
5. ¿En qué lugar de la zona de trabajo deberían colocarse los materiales que llegan o que salen?
6. ¿Se justifica un transportador? Y en caso afirmativo, ¿Qué tipo sería más apropiado para el uso previsto?
7. ¿Es posible aproximar entre ellos los puntos donde se efectúan las sucesivas fases de la operación y resolver el problema de la manipulación a provechando la fuerza de gravedad?
8. ¿Se puede empujar el material de un operario a otro a lo largo de banco?
9. ¿Se puede despachar el material desde un punto central con un transportador?
10. ¿El tamaño de recipiente o contenedor corresponde a la cantidad de material que se va a trasladar?
11. ¿Puede el material llevarse hasta un punto central de inspección con un transportador?
12. ¿Podría el operario inspeccionar su propio trabajo?
13. ¿Puede idearse un recipiente que permita alcanzar el material más fácilmente?
14. ¿Podría colocarse un recipiente en el puesto de trabajo sin quitar el material?
15. ¿Podría utilizarse con provecho un chigre eléctrico o neumático o cualquier otro dispositivo para izar?
16. Si se utiliza una grúa de puente ¿Funciona con rapidez y precisión?
17. ¿Puede utilizarse un tractor con remolque? ¿Podría reemplazarse el transportador por ese tractor o por un ferrocarril de empresa industrial?
18. ¿Se podría aprovechar la fuerza de gravedad empezando la primera operación a un nivel más alto?
19. ¿Se podrían usar canaletas para recoger el material y hacerlo bajar hasta unos contenedores?
20. ¿Se resolvería más fácilmente el problema del curso y manipulación de los materiales trazando un cursograma analítico?

21. ¿Está el almacén en un lugar cómodo?
22. ¿Están los puntos de carga y descarga de los camiones en los lugares céntricos?
23. ¿Pueden utilizarse transportadores de un piso a otro?
24. ¿Se podrían utilizar en los puestos de trabajo recipientes de materiales portátiles cuya altura llegue a la cintura?
25. ¿Es fácil despachar las piezas a medida que se acaban?
26. ¿Se evitaría con una placa giratoria la necesidad de desplazarse?
27. ¿La materia prima que llega se podría descargar en el primer puesto de trabajo para evitar la doble manipulación?
28. ¿Podrían combinarse operaciones en un solo puesto de trabajo para evitar la doble manipulación?
29. ¿Se podría evitar la necesidad de pesar las piezas si se utilizaran recipientes estandarizados?
30. ¿Se eliminarían las operaciones con grúa empleando un montacargas hidráulico?
31. ¿Podría el operario entregar las piezas que acaba al puesto de trabajo siguiente?
32. ¿Los recipientes son uniformes para poderlos apilar y evitar que ocupen demasiado espacio en el suelo?
33. ¿Se pueden comprar los materiales de tamaños más fáciles de manipular?
34. ¿Se ahorrarían demoras si hubiera señales (luces, timbres, etc.) que avisaran cuando se necesitara más material?
35. ¿Se evitarían los agolpamientos con una mejor programación de las etapas?
36. ¿Se evitarían las esperas de la grúa con una mejor planificación?
37. ¿Pueden cambiarse de lugar los almacenes y las pilas de materiales para reducir la manipulación y transporte?

### **Conclusiones generales:**

#### **Generalización de los contenidos orientados:**

- La base para la mejora del método es el análisis de los métodos actuales. Por ello, del éxito del examen crítico, depende la creatividad de los nuevos métodos.

**Orientación del trabajo independiente:**

- Seleccionar dos actividades (una operación y una actividad diferente) de un proceso y realizar el examen crítico a dichas actividades. Entregar de forma digital y defender en la próxima clase.

**Nexo- motivación para la próxima clase:**

En la próxima conferencia se estudiarán otros aspectos importantes de los métodos a nivel de proceso, enmarcados en la división del trabajo y referentes al tipo de producción, flujo y estructura de la producción.



**Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez"**

**Facultad de Ingenierías**

**Departamento Ingeniería Industrial**

**Asignatura: Organización de Procesos y puestos.**

**Tema II:** Continuación. División del trabajo como expresión de los métodos a nivel de procesos. Tipo, flujo y estructura de producción.

**Conferencia No. 5: Modalidad a distancia.**

**Sumario:**

1. Los diferentes tipos, flujos y estructuras de producción resultantes del análisis de procesos.
2. Los principios generales que fundamentan la distribución espacial y las técnicas para el análisis de flujo y la distancia mínima que debe garantizar una distribución en planta.

**Introducción:**

**Rememoración de contenidos del tema anterior:**

- Recordar las dos técnicas estudiadas para realizar el examen crítico: el análisis operacional y el interrogatorio.
- Recordar los pasos para realizar el interrogatorio.

**Aclaración de dudas y consolidación del tema anterior:**

El objetivo de la clase anterior a considerar en la aclaración de dudas es:

- Aplicar las técnicas del interrogatorio y el análisis operacional, al examen crítico del método actual de los procesos, como parte del procedimiento básico.

**Control del estudio independiente y evaluación:**

Presentar por equipos en la pizarra, el examen crítico realizado en el proceso que se seleccionó.

**Desarrollo:**

**Introducción - Motivación: Planteamiento del problema a resolver en la clase.**

Principales problemas que se pueden presentar en los procesos de fabricación relacionados con los métodos de trabajo en dichos procesos:

- Abarrotamiento de mercancías y semiproductos en pasillos y áreas cercanas a los puestos.
- Incumplimientos de los programas de producción y bajos aprovechamiento de las capacidades.
- Falta de coordinación y ritmo en las operaciones.
- Insuficientes áreas de almacenes.

- Cruzamientos excesivos de obreros y materiales.
- Otras

Estos problemas se deben en su mayoría a una pobre e inadecuada división del trabajo, que no es más que la distribución de las tareas a realizar entre los participantes en el proceso, en el espacio y en el tiempo.

#### **Planteamiento de los objetivos:**

1. Identificar y analizar los diferentes tipos, flujos y estructuras de producción resultantes del análisis de procesos.
  2. Explicar los principios generales que fundamentan la distribución espacial y las técnicas para el análisis de flujo y la distancia mínima que debe garantizar una distribución en planta.
- 1. Los diferentes tipos, flujos y estructuras de producción resultantes del análisis de procesos.**

#### **¿Qué es producir o prestar un servicio?**

Consiste en transformar cualitativa y cuantitativamente los objetos de trabajo mediante sucesivas acciones, en artículos terminados o servicios prestados, que se diferencian al que le dieron origen en sus características y propiedades y que lo hacen apto para satisfacer necesidades.

A cada una de estas acciones sucesivas se le denominan operaciones de producción o servicio.

El proceso de producción no es más que estas sucesivas transformaciones en las cuales el objeto de trabajo se convierte en producción terminada o servicio prestado socialmente necesario.

El proceso de producción puede clasificarse atendiendo a distintos puntos de vista, con el objetivo de analizar y perfeccionar el proceso de la subdivisión o áreas las cuales se distinguen:

- Según la forma básica de transformación de la materia prima pueden ser beneficiadores, convertidores y configuradores.
- El curso tecnológico puede ser, sencillos o complejos.
- Los medios de trabajo empleados pueden ser, manuales, mecanizados, mecánico-manuales, automatizados y por aparatos.
- El curso temporal del proceso o régimen laboral son: interrumpidos (por vacaciones, pausas, fines de semana, feriados) o ininterrumpidos.

- El significado del proceso de producción para la empresa, pueden ser, producción principal o básica, auxiliar, secundaria.

Ahora bien, todo proceso de producción o servicio tiene una característica esencial y es la variedad de productos que se fabriquen, y la cantidad que de cada uno de ellos se elabore en periodo de tiempo y a este se le denomina **Tipo de Producción** y es el conjunto de características técnicas económicas y organizativas particulares de la producción que se ejecuta y que está en dependencia de la especialización, el volumen y la repetición de la fabricación de dichas producciones.

El **tipo de producción** tiene una considerable influencia en la organización de la empresa y en sus resultados económicos, predetermina aspectos como:

- La estructura productiva.
- El curso del proceso tecnológico.
- Las formas de organización y los métodos de trabajo.
- Influye en la continuidad del proceso.
- Composición del equipamiento.

Generalizando entonces podemos decir que:

El tipo de producción o masividad de la producción es una característica de la producción, dada en primer lugar por la relación entre la variedad de productos (nomenclatura, surtido, etc) a fabricar y el volumen a producir de cada uno.

Se aceptan tres tipos de producción, estas son las siguientes:

- Unitaria.
- Seriada.
- Masiva

El tipo de producción es la característica más importante de la producción, atendiendo a que las formas de organización de la producción están supeditadas a él, por ende, también las formas de división y cooperación del trabajo están supeditadas a él.

Para poder definir el concepto de cada uno de los tipos de producción existente, es necesario antes definir que se conoce por:

**Nomenclatura de producción.** Es la lista de artículos con características de diseño y tecnología distintos, que se elaboran en una unidad de producción.

Ejemplo: Cilindro, tipos de partes      - vástago              camarón - entero  
                                                         - culata                              - partido  
                                                         - orejas

### **Caracterización de los tipos de producción:**

**Producción Unitaria:** Es el tipo de producción que se caracteriza por una amplia nomenclatura de artículos elaborados por unidades o en pequeños lotes, los cuales, como regla, no se repiten. O sea, la variedad de productos que se planifica es amplia en tanto la cantidad que de cada variedad se producen, es ínfima. Se conoce como intermitente o individual, exponente clásico de la producción artesanal.

En este caso el producto se elabora en un mismo puesto de trabajo, puede ser una brigada en un mismo puesto e igualmente manual.

**Sus características son:** División del trabajo baja, predomina el trabajo complejo, donde el obrero debe dominar la ejecución de todas las operaciones del proceso.

Ejemplos: Fabricación de instrumentos musicales clásicos, fabricación de objetos artesanales de barro.

Actualmente, en las fábricas de producciones individuales el trabajo está dividido y hay cooperación, un sólo puesto de trabajo no elabora todo el producto, sino que se divide el proceso en su producción en varias operaciones y entonces a cada puesto le corresponde una menor cantidad de trabajo a realizar sobre el producto, la cual redundaría en una mayor subutilización de sus posibilidades productivas. Para vencer este inconveniente se asegura una variedad alta de artículos a producir.

Esto implica una alta flexibilidad de los equipos para adaptarse a los cambios continuos de operaciones y por ende una baja especialización de ellos.

Ejemplos: Talleres de mantenimiento y reparaciones, talleres de fabricación de piezas de repuestos, etc.

**Producción Seriado:** Tipo de producción de nomenclatura limitada de artículos elaborados periódicamente, por lotes que se repiten.

**Lote de producción:** Grupo de piezas en bruto de una misma denominación y tipo de dimensión, entregadas una sola vez o en una forma continua a la producción (Conjunto de piezas homogéneas lanzadas a producir simultáneamente con el consumo de una preparación del puesto de trabajo).

**Producción Masiva:** Tipo de producción de nomenclatura reducida y un gran volumen de producción de artículos elaborados ininterrumpidamente, en la mayoría de los puestos de trabajo se ejecuta la misma operación, existe una alta especialización del trabajo y una alta división del trabajo.

Ejemplos: Producción de azúcar (aunque en distintas cantidades, pero alto volumen), línea de envase de cosméticos, línea de ensamblaje de ómnibus, línea de beneficio de productos marinos.

**Estudiar principales características de los tipos de producción, en la literatura disponible: Organización del trabajo. Tomo I.**

Ahora bien, señalamos que el tipo de producción o servicio influye en la continuidad del proceso. ¿Por qué?

Por ejemplo:

A una producción más homogénea (Producción Masiva), se supone deba corresponder una secuencia productiva más ágil. Por otra parte, el tipo de producción define el curso tecnológico, o sea qué camino, qué forma escoger para producir un producto o prestar un servicio.

Entonces estamos afirmando que el tipo de producción tiene estrecha relación con el flujo de producción.

***Análisis del flujo de producción:***

Recordarán de la asignatura **Introducción a la ingeniería industrial**, que ustedes pudieron mediante algunas técnicas que estudiaron, describir el camino que sigue la materia prima en una subdivisión productiva determinada o en una unidad de producción hasta convertirse en producto terminado. Precisamente esto es lo que se conoce como ***Flujo de Producción***.

**¿Con qué aspectos se relaciona esencialmente el Flujo de Producción?**

1ro: Está subordinado a la tecnología de fabricación.

2do: Es la expresión espacial de la división y cooperación del trabajo.

Para que la división y cooperación se realice, hay que garantizar que esté reflejada objetivamente en el flujo y viceversa. O sea, que el flujo existente responda a las formas de división y cooperación proyectadas.

**¿Cómo analizar si el flujo real garantiza el funcionamiento armónico de una unidad ya sea subdivisión o unidad de análisis?**

En sentido general, un aspecto esencial que debe garantizar el flujo de producción es un balance de tiempo de todas sus partes y un uso adecuado de la fuerza de trabajo y los recursos materiales.

Los aspectos básicos a analizar en el flujo de producción son:

- Correspondencia entre el flujo de producción y el tipo de producción y la estructura de producción o distribución en planta.

- Chequeo de su funcionamiento armónico, detectando el “**cuello de botella**” del proceso.
- Detección de la utilización de los recursos humanos y materiales, derivados de la armonía en el funcionamiento.

Para la realización de este estudio es necesario seguir la secuencia de pasos siguientes:

**1.Descripción gráfica del flujo y registro de la información referente a él.**

**2.Análisis de la concordancia entre tipo de producción y flujo de producción.**

**3.Balance del flujo.**

Analizaremos pormenorizadamente cada uno de los tres pasos, iniciaremos por la primera, o sea:

### **1. ¿Cómo describir un flujo de producción?**

Para describir gráficamente el flujo de producción la familia de gráficos conocidos como **Diagramas de Proceso** y que ya anteriormente describimos como uno de los dos grupos fundamentales de técnicas utilizadas por la Ingeniería de Métodos o Estudio de Métodos, para describir la situación actual de determinado proceso, o unidad de análisis.

Conocidos estos gráficos denominados diagramas de procesos y comprendida la información que nos puede brindar para el análisis del flujo y su armonización; además de la observación directa en la fábrica y análisis cualitativo es necesario considerar los siguientes aspectos esenciales y damos paso al segundo aspecto señalado para el análisis del flujo de producción.

### **2. Análisis de la concordancia entre el tipo de producción y el flujo de producción.**

**Para producciones Masivas**, el flujo de producción debe ser continuo.

**Flujo de Producción continuo:** Es aquel en que el producto no retrocede espacialmente hacia puestos de trabajo por los que ya pasó y si lo hace es en la menor cantidad de casos posibles. Se habla generalmente de líneas de producción, línea de cadena, etc.

**Producción unitaria o intermitente.**

No tiene sentido los flujos de producción continuos, habría que establecer una amplia cantidad de líneas de producción, lo cual es evidentemente antieconómico e impracticable. De ahí que se escoja un flujo preferencial o representativo, o sea el que sigue la mayor cantidad de equipos que allí se procesan.

### **Producción Seriada.**

Funciona armónicamente en flujos que son resultado de los recomendados para los otros tipos de producción, no obstante, en las series pequeñas se recomiendan flujos propios de la producción intermitente y para las series grandes, los de la producción masiva.

Si del análisis resulta que no hay concordancia entre el tipo de producción y el flujo, la solución sería adecuar el segundo al primero, lo que implica cambios en la ubicación espacial de uno o más puestos de trabajo.

Por tanto, caemos en una pequeña relación que establece el tipo de producción y es con la estructura productiva ya que:

**El tipo de producción define el flujo de producción, y este a su vez los cambios o modificaciones, que implican cambios espaciales, y este último se relaciona con la estructura de producción.**

#### **¿Qué es la Estructura de Producción?**

La Estructura de Producción es el órgano productor de la empresa, o sea la estructura espacial de la producción que caracteriza la forma de distribución de los puestos de trabajo en el territorio de la empresa las relaciones que se establecen entre ellos y su integración en unidades estructurales.

#### **¿Por qué está determinada por el tipo de producción?**

Ya que según sea el **tipo de producción**, será el **equipamiento tecnológico a utilizar**, así será el agrupamiento que se haga de ellos, los **métodos de organización** que se escojan; en fin, el **tipo de distribución** en planta definido.

**Incidencia del tipo de producción en la división y cooperación del trabajo. Relación con la estructura de producción y el flujo de producción.**

Aquí analizaremos en cada tipo de producción.

¿Hasta dónde dividir el trabajo? Para tomar una decisión al respecto se evalúan tres aspectos fundamentales:

- Aspecto Económico.
- Aspecto Psicofisiológico.
- Aspecto Social.

**Aspecto Económico:** En este aspecto se toma en consideración como elemento decisivo la Duración del Ciclo de Producción.

**Ciclo de Producción:** Intervalo o periodo de tiempo que transcurre desde el comienzo hasta la terminación de un artículo con determinadas características técnicas.

#### **¿Qué es lo principal a analizar?**

Pues que el tiempo del ciclo de producción tiende a reducirse al dividirse los trabajos en operaciones independientes, pero también el tiempo del ciclo de producción tiende a aumentar al establecerse una excesiva división del trabajo y puede suceder por:

- Aumento del tiempo de transportación de las materias primas, productos semielaborados, etc.
- Aumento del tiempo de inspección a los productos entre operaciones (Control de Calidad). Si evaluamos desde el punto de vista económico una determinada forma de división del trabajo, es de tomar en cuenta que la influencia de los factores que disminuyen la duración del ciclo debe ser mayor que la de los factores que la prolongan.

**Aspecto Psicofisiológico:** Teniendo en cuenta este punto de vista se considera la influencia que pueda tener la división del trabajo en la salud del trabajador, una excesiva división del trabajo trae consigo el aumento de la monotonía, aumento del grado de fatiga (Físico y Mental). Además, el obrero aporta menos al proceso, se siente más lejos del proceso: Pierde el incentivo por el trabajo; todo esto conlleva a la pérdida de la motivación, este aspecto tan considerado actualmente con los nuevos enfoques de dirección.

**Aspecto Social:** Se aprecia como consecuencia del anterior, incluso el obrero pierde el estímulo por la superación, por otra parte, entre los motivadores fundamentales: el salario deja de desempeñar un papel de peso en este aspecto, al existir menor calificación, menor salario.

Estos criterios son los que han provocado que en la actualidad se desenvuelvan procesos gerenciales participativos, donde se busque el enriquecimiento del trabajo, la actitud activa en la solución de los problemas por parte del trabajador, así como al trazar las metas y objetivos de la organización, además del estímulo a las tareas en grupo. (estos temas serán abordados con profundidad en otro tema de la disciplina).

Ahora para analizar todos estos aspectos llegamos a la conclusión de la necesidad del estudio del flujo de producción existente o que se proyecta, para poder entonces analizar la correspondencia que existe entre el tipo de producción existente y la división y cooperación establecida, por lo que en la próxima conferencia trataremos acerca del flujo de producción y las técnicas establecidas para su representación.

**2. Los principios generales que fundamentan la distribución espacial y las técnicas para el análisis de flujo y la distancia mínima que debe garantizar una distribución en planta.**



Cuando hacemos un Estudio de Métodos llega el momento en que es necesario valorar la influencia de la disposición en la fábrica (layout) en la trayectoria que siguen los operarios y los materiales a través de la fábrica o zona de trabajo. Ya que con frecuencia el material y los trabajadores siguen una larga y complicada trayectoria durante el proceso de elaboración ya sea: por el aumento de la nomenclatura de producción, adición de máquinas, equipos u oficinas en espacio libres.

### ***¿Qué es la disposición de una fábrica?***

#### **(Introducción al Estudio del Trabajo (O.I.T),**

**Disposición espacial:** es colocar las máquinas y demás equipos de la manera que permita a los materiales avanzar con mayor facilidad, al costo más bajo y con el mínimo de manipulación, desde que se reciben las materias primas hasta que se despachan los productos acabados.

### ***¿Qué sistemas existen de disposición en la fábrica?***

#### **(Introducción al Estudio del Trabajo (O.I.T),**

- Disposición con componente principal fijo.
- Disposición por proceso o función.
- Disposición por producto o en línea (producción en cadena).
- Disposición por grupo.

**Con componente principal fijo:** El material que debe elaborar (objeto de trabajo) no se desplaza, sino permanece en un solo lugar, toda la maquinaria y equipo se lleva hacia él, se emplea cuando el producto es voluminoso y pesado, ejemplo: construcción de buques, fábrica de motores, reparación y equipos de agregados agrícolas, construcción de aviones.

**Por proceso o en función:** Se agrupan todas las operaciones de la misma naturaleza, se usa en amplia gama de productos con similar maquinaria (unitaria y seriada). Ejemplo: textiles, fábrica de confecciones. Ejemplo: fábrica de elementos hidráulicos.

**Por producto o en línea (cadena):** Las máquinas y equipos destinados a fabricar un producto se agrupan en una misma zona y se ordena de acuerdo con el proceso de fabricación (producción masiva). Ejemplo fábrica de refrescos, montaje de automóviles, enlatado de conservas.

Ejemplo: línea de producción del camarón CPIC.

**Por grupo:** posibilita la aplicación de métodos de producción por grupos, el equipo de operarios trabaja en un mismo producto y tiene a su alcance todas las maquinarias y accesorios para completar su trabajo, los operarios se distribuyen el trabajo entre sí, intercambiándose tareas.

Un número limitado de máquinas de diferentes tipos se encuentran agrupadas para elaboración de uno o varios productos que poseen pasos de trabajo similares, aunque no necesariamente en su orden secuencial.

#### Grupo

##### Cerrado

Si se realizan todas las reparaciones

Tecnológicas de todas las piezas dentro del grupo.

- Reduce gastos de transporte.
- Gastos de tiempo de trabajo se distribuyan de manera proporcional entre todas las máquinas.

##### Abierto

(Contrario)

La disposición por posición fija como ya dijimos se usa en los productos voluminosos y pesados (montaje), aunque cuando el fabricante comienza a producir grandes cantidades de un producto dado, debe separar operaciones y dividir el trabajo. (Ejemplo montaje).

Siempre que tengamos que efectuar una serie de operaciones sobre varias piezas similares, el modo más fácil y sencillo de hacer el trabajo, consistirá en ejecutar cada operación inmediatamente después de la anterior, esto es en producción en cadena.

Se debe emplear la distribución de puesto por posición fija cuando:

- Las operaciones de transformación o tratamiento requieren tan solo herramientas de mano o maquinas sencillas.
- Se fabrique solamente una sola pieza o unas pocas piezas de un artículo.
- La efectividad de la mano de obra se basa en los trabajadores o cuando se desee hacer caer la responsabilidad sobre la calidad del producto, en un trabajador.

Empleará la distribución por proceso cuando:

- Alta calificación de la fuerza de trabajo.
- La maquinaria sea muy cara y difícil de mover.
- Se fabriquen diversos productos.
- Haya amplias variaciones en los tiempos requeridos por las diversas operaciones.
- La demanda de productos sea intermitente o pequeña.
- Puestos de trabajos universales.

Se empleará la distribución en cadena cuando:

- Haya gran cantidad de piezas o productos a fabricar.
- El diseño del producto este más o menos normalizado.

- La demanda del producto sea razonablemente estable y el equilibrio de las operaciones y la continuidad de la circulación de los materiales pueda ser lograda sin muchas dificultades.

Ahora bien, debemos reconocer estos tipos clásicos puros de distribución, pero a menudo, estas distribuciones en su forma pura no las encontramos, generalmente, unas veces estarán combinadas con algún otro tipo de distribución y en otras la línea de demarcación entre un tipo y otra no es suficientemente clara.

Al idear la distribución de puesto, fábrica o zona de trabajo deben adoptarse las siguientes medidas. (Introducción al Estudio del Trabajo (O.I.T),

1. Determinar el equipo y maquinaria necesarios para la fabricación de tipo de producto o productos.
2. Fijar el número de unidades de cada máquina y tipo de equipo necesarios para fabricar producción en función del volumen de ventas.
3. Determinar el espacio necesario de la maquinaria calculando las dimensiones de cada máquina y multiplicándola por el número de máquinas requeridas.
4. Prever espacio para almacenes (materias primas y productos terminados), productos en procesos y equipos para la manipulación de materiales.
5. Prever espacio adicional para servicios especiales (cuartos de aseo, vestuarios, oficinas, cantinas).
6. Calcular el espacio total requerido para la fábrica sumando el espacio necesario para maquinaria y equipo y el espacio necesario para almacenamiento y servicios auxiliares.
7. Distribuir los diferentes departamentos con sus respectivas zonas de trabajo de modo que el recorrido del trabajo sea el más económico posible.
8. Establecer el plano del edificio teniendo en cuenta, sobre todo la ubicación de las zonas de trabajo, áreas de almacenamientos y servicios auxiliares.
9. Determinar el tamaño y disposición del terreno exterior de la fábrica, atribuyendo espacio necesario para aparcamiento, recepción, expedición y zonas verdes.

Como quiera que en el componente laboral en una distribución de fábrica o zona de trabajo ya existente ustedes deben ser capaces de examinar con espíritu crítico estos aspectos y emitir su valoración al respecto, y proponer mejoras para ello pueden apoyarse de la lista de comprobación siguiente:

Comprobación de la distribución.

1. ¿Da lugar a un producto mejor?
2. ¿Elimina accidentes?

3. ¿Reduce costes?
4. ¿Mejora la moral? (elemento motivacional).
5. ¿Incrementa la producción?
6. ¿Libera superficie de sueldo?
7. ¿Mejora la administración?
8. ¿Reduce desperdicios?
9. ¿Reduce mermas?
10. ¿Mejora las condiciones sanitarias?
11. ¿Mejora otras condiciones de trabajo?
12. ¿Proporciona beneficios en cuanto a seguros?
13. ¿Proporciona beneficios en cuanto a impuestos?
14. ¿Aumenta o disminuye el mantenimiento?

En esencia, la distribución es comprobada atendiendo a los seis objetivos siguientes:

- Integración general de todos los factores.
- Distancia mínima.
- Flujo o circulación del trabajo.
- Satisfacción y seguridad de los empleados.
- Flexibilidad.

Pueden expresarse estos objetivos en forma de principios básico de la distribución en planta.

- 1) Principio de la integración de conjunto: la mejor distribución es la que integra a los hombres, los materiales, las máquinas, las actividades auxiliares, así como cualquier otro factor de modo que resulte el compromiso mejor entre todas estas partes.
- 2) Principio de la mínima distancia recorrida: es mejor la distribución de puestos que permita que la distancia a recorrer entre las operaciones sea la más corta.
- 3) Principio de la circulación o flujo material: es mejor aquella que ordene las áreas de modo que cada operación o proceso esté en el mismo orden o secuencia en que se transforman o montan los materiales.
- 4) Principio del espacio cúbico: la economía se obtiene utilizando de modo efectivo todo el espacio disponible tanto vertical como horizontal.
- 5) Principio de la satisfacción y seguridad: será mejor la distribución de puesto que haga el trabajo más satisfactorio y seguro para los productores.

6) Principio de la flexibilidad: será más efectiva la distribución de puesto que pueda ser ajustada o reordenada con menor costo o inconveniente.

Existen ocho factores que tienen influencia sobre cualquier distribución.

- Factor Materia: incluyendo diseño, variedad, cantidad, operaciones necesarias y su secuencia.
- Factor Maquinaria: equipos de producción, herramientas y su utilización.
- Factor Hombre: mano de obra directa, supervisión y servicios auxiliares.
- Factor Movimiento: transporte intra o interdepartamental, manejo en las distintas operaciones, almacenamiento e inspecciones.
- Factor Espera: almacenamientos temporales, permanentes y esperas.
- Factor Servicio: mantenimiento, inspección central de desperdicios, programación y lanzamiento.
- Factor Edificio: elementos interiores y exteriores del mismo, distribución y equipos de las instalaciones.
- Factor Cambio: versatilidad, flexibilidad, expansión.

Para el análisis del planeamiento es necesario valerse de un conjunto de técnicas como:

La secuencia de materiales y por lo tanto el flujo de materiales, es la base de cualquier distribución en planta, por regla general, análisis de toda distribución deberá concentrarse en esto. Como resultado de esto los diagramas de proceso en sus diversas formas es la más útil de todas las herramientas usadas.

- Diagrama de proceso de operación o flujo (sinóptico y analítico).
- Diagrama de Recorrido

Tabla Cuadrículada. Ejemplo (Introducción al Estudio del Trabajo (O.I.T),

- Desde operación / A área o taller
- Combinación de operaciones.
- Combinación operaciones / áreas.
- Combinación entre dos áreas.
- Diagrama en Planta
- Diagrama de hilos. Ejemplo (Introducción al Estudio del Trabajo (O.I.T), página 128).
- Diagrama de Actividades Múltiples. Ejemplo (Introducción al Estudio del Trabajo (O.I.T),
- Gráfico de Trayectoria. Ejemplo (Introducción al Estudio del Trabajo (O.I.T),

Como pueden generalizarse todas estas técnicas propician el mejoramiento de la disposición en planta manteniendo el principio de la distancia y el flujo mínimo, sin embargo,

existen además algunos métodos sofisticados que junto a estas técnicas permiten la redistribución, en la disciplina de organización de la producción continuaran estudiándolos.

- Triangular – procesos
- Húngaro- pequeña serie
- Movimiento de carga- en línea o por artículo

#### **Conclusiones generales de la clase:**

##### **Generalización de los contenidos orientados:**

- Hacer referencia a la correspondencia que debe existir entre el tipo, el flujo y la disposición de la fábrica.
- Establecer que el tipo de producción es la característica predominante y que la disposición de la fábrica, materializa la división del trabajo.
- Establecer que el tipo de producción es la característica predominante y que la disposición de la fábrica, materializa la división del trabajo.

##### **Orientación del trabajo independiente:**

1. Caracterización del tipo, flujo y estructura de producción del proceso seleccionado por cada equipo, utilizando la literatura sobre el tema. Se entrega digital y defiende en la próxima clase.

##### **Bibliografía:**

Marsan, J. y colectivo de autores. Ingeniería de Métodos.  
Niebel, B. W, Freivalds, A. Métodos, estándares y diseño del trabajo  
Kanawaty, G., Introducción al Estudio del Trabajo  
Salvendy, G., John. Handbook of Industrial Engineering.

##### **Nexo- motivación en la próxima clase:**

En la próxima clase se estudiará otro aspecto importante del estudio de métodos a nivel de procesos que es el balance de sus capacidades. Este paso permite dar solución a varios de los problemas enunciados al inicio de esta clase.

**Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez"**

**Facultad de Ingeniería**

**Departamento Ingeniería Industrial**

**Seminario No.1**

**Tema II:** Estudio de métodos a nivel de los procesos.

**Se debe entregar por escrito o digital, en equipos de 4 o 5 personas (NO MAS DE 5 PERSONAS) para la próxima semana.**

**Se aceptan los trabajos hasta las 1: 00 pm**

**Actividades a realizar:**

1. Seleccionar un proceso, describirlo y realizar el registro del mismo teniendo en cuenta las dos primeras etapas del procedimiento básico para el estudio de métodos.
2. De ese proceso, seleccionar dos actividades (una operación y otra actividad diferente) y realizar el examen crítico a dichas actividades.
3. Caracterización del tipo, flujo y estructura de producción del proceso seleccionado.

**Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez"**

**Facultad de Ingeniería**

**Departamento Ingeniería Industrial**

**Asignatura:** Organización de Procesos y Puestos.

**Tema II: Estudios de Métodos a nivel de procesos.**

**Clase Práctica No. 3: Modalidad a distancia.**

**Sumario:** Registro y examen crítico del método.

**Objetivo:** Consolidar el registro y examen crítico del método mediante el desarrollo de ejercicios.

**Ejercicios propuestos:**

Resolver del Manual de Casos Prácticos, Parte II y entregarlo por equipo en la próxima clase los ejercicios siguientes:

**1. Ejercicio No 4: Proceso de Deshuese de Pollo.**

**Descripción detallada de las actividades del proceso.**

**Actividad 1: Recepción y Pesaje:** Las cajas de pollo llegan en transpaletas a la báscula de entrada, donde son pesadas y posteriormente llevadas a la Cámara Fría. Esta actividad la realiza un trabajador.

**Actividad 2: Primer almacenaje:** En la cámara se mantiene la carne a una temperatura de (-19c°, -20c°). La manipulación de la carga es realizada por el trabajador anterior.

**Actividad 3: Segundo almacenaje:** Se deposita la carne para descongelar con 72 horas de antelación al proceso de deshuese. Lo realiza el mismo trabajador.

**Actividad 4: Pesaje:** Las cajas descongeladas son llevadas en una carretilla manual hacia la báscula, verificando su peso, el cual debe ser de 15 Kg. En este puesto existe un trabajador.

**Actividad 5: Deshuese y Pesaje:** La carne es depositada en una mesa de corte donde se deshuesa y filetea, y después se verifica si cumple con el peso adecuado, que debe ser de 348 gramos. En este puesto opera un obrero. Se ha cronometrado la operación y el obrero demora 93 minutos como promedio en procesar una unidad.

En esta operación se obtiene:

- El producto principal (filete), que son destinados a la comercialización en tiendas en CUC.
- Los residuos con hueso, comercializados en la red de consumo social.
- Los residuos sanos (sin hueso), comercializados en la red de consumo social.
- Desperdicios, destinados al consumo de la empresa.



Al finalizar esta operación, estos productos se colocan en bandejas diferentes para seguir su procesamiento.

**Actividad 6: Empaque y Pesaje de los Residuos:** Los residuos con huesos, que representan el 8 % aproximadamente, son depositados en una bandeja y embolsados. Además, se comprueba el peso, que debe ser de 1Kg. Aquí opera un trabajador capaz de embolsar 10 kg por minuto.

**Actividad 7: Etiquetado de los Residuos:** En esta actividad el paquete es cubierto con el nylon retractilado y etiquetado, esta operación se realiza de forma manual. Aquí labora el obrero de la actividad anterior, que es capaz de procesar 20 bolsas por minuto

**Actividad 8: Empaque y Pesaje de los Residuos Sanos:** Los residuos sanos (trozos de carne sin huesos), que representan el 5 % aproximadamente, se introducen en bolsas de nylon. Además, se comprueba el peso, que debe ser de 1Kg. Aquí opera un trabajador especializado en este tipo de residuo, que embolsa 10 Kg por minuto.

**Actividad 9: Etiquetado de los residuos Sanos:** En esta actividad la bolsa es cubierta con el nylon retractilado y etiquetada, esta operación se hace de forma manual. Aquí trabaja el mismo obrero de la operación anterior, que es capaz de embolsar 20 bolsas por minuto.

**Actividad 10: Empaque y Pesado de los Desperdicios:** Los desperdicios (trozos de huesos), que representan el 2 % aproximadamente, son depositados en bolsas que contienen todo el desperdicio del proceso. Esta operación la realiza un obrero auxiliar.

**Actividad 11: Almacenaje de los Desperdicios:** Las bolsas son situadas en una nevera de enfriamiento para su posterior elaboración y consumo en la entidad. Aquí trabaja el mismo obrero.

**Actividad 12: Empaque y Pesaje de los filetes:** Los filetes son empaquetados en bolsas, con capacidad de diez unidades, las cuales deben pesar 3 480 gramos. Aquí opera el mismo trabajador. Su capacidad de embolsado es de 10 bolsas por minuto.

**Actividad 13: Etiquetado de los filetes:** En esta actividad la bolsa es cubierta con el nylon retractilado y etiquetada, esta operación se hace manualmente. Aquí trabaja el mismo obrero de la operación anterior, que es capaz de procesar 20 bolsas por minuto.

**Actividad 14: Almacenaje de productos terminados:** Las bolsas de los productos comercializables: filetes, residuos y residuos sanos se transportan en carretillas manuales hacia una Cámara Fría hasta su posterior distribución.

El régimen de trabajo es de 1 turno de 8 horas diarias. Al inicio de la jornada los obreros utilizan 20 minutos para el aseo, cambio de ropa y abastecimiento y 30 minutos al final de

la jornada para limpieza de los equipos y área de trabajo. Se ha calculado además un aprovechamiento de la jornada de trabajo de un 93 %.

Con la información disponible:

A). Describa al método actual del proceso a través de un diagrama de flujo o cursograma analítico.

## **2. Ejercicio No 5: Elaboración del Filete de Tenca Adobado.**

Una empresa procesadora de la industria alimenticia, posee como una de sus producciones, la elaboración del filete de tenca, procedente de la acuicultura. La materia prima principal (tenca), llega al proceso en camiones debidamente habilitados para su conservación. A partir de su llegada, comienza el procesamiento industrial, hasta obtener el producto final deseado. Una secuencia de las actividades a realizar se describe a continuación:

**Actividad 1: Recepción y pesaje de la materia prima:** Las tencas son descargadas y situadas en tinas, se inspecciona su estado físico y organoléptico (color, textura, olor) y se lavan con abundante agua, con el objetivo de mantenerlas frescas y eliminar las impurezas que adquieren durante el traslado. Después son depositadas en cajas, que son pesadas y enviadas en transpaletas hacia la nevera. En esta actividad laboran 2 trabajadores cuya capacidad de procesamiento es de 120 cajas por turno de trabajo. Cada caja contiene 20 Kg de pescado fresco.

**Actividad 2: Descabezado y fileteado:** Consiste en descabezar el pescado fresco, separar mediante cortes paralelos a la espina dorsal los filetes, eliminando la piel de la carne y lavar los filetes con la aplicación constante de agua potable circulante. Esta actividad está compuesta por una mesa rectangular que a sus lados se encuentran distribuidos 11 trabajadores, cada uno de ellos cuenta con un grifo con agua y cuchillos. Los filetes lavados se colocan en por la misma operaria. Los desechos son del 60 % aproximadamente. Las cajas con filetes deben tener un peso de 30Kg. El tiempo de procesamiento aproximado de una caja por operaria es de 29 minutos.

### **Actividad 3: Inmersión en solución de adobo.**

Un obrero somete los filetes contenidos en las cajas de 30Kg a un tratamiento de inmersión en solución de adobo preparada en tinas. La solución está compuesta por azúcar (1%), sal (3%), comino (0.5%), ajo en polvo o pasta de ajo (0.5%), solución de ácido cítrico o vinagre (15%) y agua (80%). Los filetes deben revolverse varias veces al día y estar dentro de la solución de 18 a 24 horas en la cámara de mantenimiento refrigerado.

**Actividad 3: Envase y embandejado:** Para el desarrollo de esta actividad se cuenta con una mesa rectangular en la que se ubican 6 trabajadores, de ellos, 3 se encargan del llenado de las charolas, con los filetes previamente escurridos, así como el interfoliado de las mismas con hojas polietileno (nylon). El peso de la charola debe ser de 1kg. 2 obreros son los responsables de inspeccionar el peso de las mismas según lo estipulado. Luego 1 obrero se encarga de envolver las charolas en nylon retráctil y otro les coloca las etiquetas y las deposita en un carro bandejero que posee 24 bandejas, donde cada una contiene 10 charolas. Según cronometraje realizado, los operarios invierten como promedio 1.45 minutos en procesar una charola.

**Actividad 4: Congelación:** Estos carros luego son colocados en el túnel de congelación por un período de 24 horas de manera que se garantice una temperatura que oscile entre los  $-18^{\circ}\text{C}$  y  $-12^{\circ}\text{C}$ .

**Actividad 5: Embalado y marcación:** En esta actividad existe un total de 6 obreros. Una vez extraído el carro del túnel, se depositan las bandejas sobre una mesa. Se embalan las charolas en cajas de cartón con una capacidad de 16kg, es decir, solamente permiten 16 charolas de 1kg cada una. Se precintan y etiquetan los embalajes y se colocan en paletas portuarias. La capacidad total de esta operación es de 7600 Kg por turno de trabajo.

**Actividad 6: Traslado hacia la nevera de congelación.** Las paletas son trasladadas a un área designada para su posterior transporte a congelación.

**Almacenamiento:** Las cajas ya precintadas son transportadas al almacén con la utilización de un montacargas, estos almacenes son cámaras de Mantenimiento y Congelado.

El salón de procesamiento trabaja un turno diario de 8 horas. Utilizan 50 minutos en tareas preparativas y conclusivas del turno. Se han calculado además interrupciones no reglamentadas del 5 %.

Teniendo en cuenta la información disponible:

1. Describa al método actual del proceso a través de un diagrama de flujo o cursograma analítico.

**Nota:** Los demás datos de los ejercicios servirán para los balances de procesos que estudiaremos próximamente.

**Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez"**

**Facultad de Ingeniería**

**Departamento Ingeniería Industrial**

**Asignatura: Organización de Procesos y puestos.**

**Tema II:** Continuación. División del trabajo como expresión de los métodos a nivel de procesos. Balances de capacidades en procesos masivos.

**Conferencia No. 6**

**Sumario:**

1. Balance de producciones masivas.

**Introducción:**

Control de asistencia.

**Rememoración de contenidos del tema anterior:**

- Recordar los conceptos de tipo, flujo y estructura de producción.
- Establecer que el tipo de producción condiciona los tipos de flujo y de estructura de producción.
- Mencionar y caracterizar los tipos principales de producción, flujo y estructura de producción.

**Aclaración de dudas y consolidación del tema anterior:**

Tener en cuenta los objetivos de la clase anterior:

- Identificar y analizar los diferentes tipos, flujos y estructuras de producción resultantes del análisis de procesos.
- Explicar los principios generales que fundamentan la distribución espacial y las técnicas para el análisis de flujo y la distancia mínima que debe garantizar una distribución en planta.

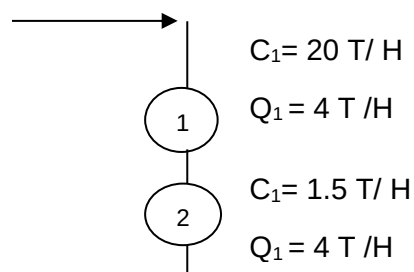
**Control del estudio independiente y evaluación:**

Cada equipo debe caracterizar cualitativamente el tipo de producción en el proceso donde desarrolla su trabajo independiente.

**Desarrollo:**

**Introducción - Motivación: Planteamiento del problema a resolver en la clase.**

Analizar las siguientes situaciones en operaciones productivas:



**Preguntas:**

- ¿En qué condiciones se encuentran las operaciones 1 y 2 por separado, con relación a su utilización?
- ¿Cómo se encuentra la línea en general?

**Planteamiento de los objetivos:**

1. Explicar los métodos para el cálculo de la carga y las capacidades de procesos masivos.
2. Balancear procesos masivos.

**Desarrollo:****1. Explicar los métodos para el cálculo de la carga y las capacidades de procesos masivos.**

El tercer paso del análisis del flujo es el balance del flujo. Este procedimiento de análisis del flujo de producción, permite determinar si hay una correcta y justa distribución del contenido del proceso entre los trabajadores, o sea si todas las partes del proceso realizan su contenido de trabajo en un tiempo determinado aproximadamente igual para todos y en dependencia de las necesidades de productos a obtener en determinado periodo de tiempo, por tanto, permite verificar si existe una adecuada asignación de recursos humanos, así como de recursos materiales a cada parte del proceso productivo.

El tercer paso del análisis de flujo puede desglosarse en varias fases, pero sus aspectos esenciales son:

1. ¿Cómo calcular las necesidades de recursos humanos y materiales?
2. ¿Cómo calcular la capacidad de cada parte del proceso y en su conjunto?

Veamos cada uno de los aspectos.

**1. Cálculo de las necesidades de recursos humanos y materiales en cada parte del proceso productivo.**

De forma general se hace mediante la expresión:

$$N = Q / C$$

Donde:

$Q_{(Carga)}$  = Volumen de producción o de servicio a obtener por un puesto en una unidad de tiempo como medida homogeneizadora de la diversidad de tipos de producción.

$C_{(Capacidad)}$  = Cantidad máxima de productos y servicios con calidad de concordancia adecuada y en su surtido correspondiente, que puede ser producida o prestado en una unidad de tiempo por un puesto de trabajo o proceso, con la óptima utilización de todos los factores de la producción y condiciones óptimas de explotación.

Las unidades en que se expresa la carga deben ser iguales a aquellas en que se exprese la capacidad.

La fórmula toma las dos siguientes expresiones:

$$N_e = Q_t / C_{ie}$$

$$N_o = Q_t / C_{io}$$

Donde:

- $N_e, N_o$  = número de equipos u obreros necesarios en una actividad del proceso en cuestión.
- $Q_t$  = carga de trabajo asignada a todos los puestos involucrados en una actividad concreta, para un día, un mes, un año, etc.
- $C_{ie}$  = capacidad unitaria de cada uno de los puestos involucrados en la mencionada actividad.
- $C_{io}$  = capacidad de cada obrero involucrado en la actividad en cuestión.

## **2. Cálculo de la capacidad de cada parte del proceso.**

Conocido el concepto de capacidad de un puesto de trabajo, debe entenderse que esta puede estar determinada por una serie de factores, tales como:

- Los instrumentos y dispositivos aplicados en la producción.
- Nivel tecnológico del equipamiento.
- Capacidad y composición de la materia prima.
- Especialización de la producción, disminución de la variedad de productos, disminución de los tiempos de ajuste y preparación del puesto ante cada tipo de producto, disminución del riesgo en pérdidas de tiempo por aseguramiento de las materias primas, documentos, etc, aumento de la destreza del obrero, disminución del gasto improductivo de tiempo.
- El nivel cultural y técnico del obrero y los cuadros vinculados al puesto.
- El nivel de organización de la producción y del trabajo.
- Adecuado régimen de trabajo equivalente.
- Otras.

Considerando estos elementos, no siempre se puede alcanzar la máxima capacidad de producción. Es por ello, que es aconsejable hacer los cálculos de capacidad en función de: Capacidad productiva real (standard): Se obtiene afectando la capacidad productiva máxima por un coeficiente de utilización real.

El porcentaje de utilización es una constante que depende del tipo de proceso productivo, del aprovechamiento de la capacidad del equipo, puede utilizarse un coeficiente medio.

$K = \text{Producción elaborada o tarea realizada} / \text{Capacidad productiva disponible}$ .

Cálculo de capacidad en puestos especializados:(producción masiva y en grandes series)

Características:

- Una sola o muy poca variedad de productos.
- Volumen de producción, carga y capacidad se pueden expresar en unidades físicas.
- Capacidad Unitaria Máxima: Se calcula o estima utilizando catálogos, diseños, capacidad nominal de equipos, etc.
- Capacidad nominal se obtiene afectando la capacidad total por un porcentaje de utilización con la expresión.

$$Cie = Tu * Np * Kn$$

Donde:

- Ci = capacidad unitaria real del equipo, expresada en cantidad de productos en unidades de tiempo.
- Np = norma de producción establecida en el puesto de trabajo (expresadas en cantidades de productos por turnos de trabajo).
- Kn = porcentaje de cumplimiento promedio de la norma (calculado de un periodo de tiempo lo más extenso posible anterior la estudio).
- Tu = tiempo útil de trabajo del equipo durante el periodo planificado (turnos de trabajo por periodos de tiempo).

Cálculo de capacidad en puestos universales: (producción seriada y unitaria)

Características:

- Una nomenclatura de producción extensa a cada equipo. Por tanto, se dificulta expresar el volumen de producción en unidades físicas, es apropiado el empleo de unidades de tiempo para ello.
- La carga y la capacidad se emplean en unidades de tiempo, la capacidad se calcula:

$$Cie = d * t * h (1-m)$$

Donde:

- d = días laborables por año. En procesos continuos (365 días), en procesos discontinuos (250 días, por ejemplo)
- t = número de turno que trabaja por día el puesto de trabajo.
- h = número de horas en que trabaja por turnos.
- m = porcentaje de tiempo que se resta por mantenimiento (si este no se realiza fuera del turno).

### **Cálculo de la capacidad del obrero:**

Primera vía:

$$\text{Cio} = N_p * k$$

Donde:

- $N_p$  = norma de producción.
- $K$  = porciento de cumplimiento medio de la norma.

Segunda vía

$$\text{Cio} = d * h * t (1-a)$$

Donde:

- $\text{Cio}$  = capacidad unitaria de un obrero h/año.
- $a$  = porciento de aprovechamiento de la jornada laboral.

Hasta aquí se aprecia como calcular la capacidad unitaria. Esta capacidad, afectada por la cantidad de puestos de trabajos o de obreros, da como resultado la capacidad total existente para dicha actividad. Es decir,

$$\text{CT} = \text{Cie} * \text{Ne} \quad \text{y} \quad \text{CT} = \text{Cio} * \text{No}$$

Es necesario lograr que exista una equivalencia exacta entre todas las capacidades totales de todas las actividades. No obstante, puede haber actividades donde se asignan más recursos que los necesarios. Esto trae como consecuencia:

1. Que se concluye el contenido de trabajo con más rapidez que el resto.
2. Actividades en el proceso que se retrasan más que el resto por asignación desproporcionada de recursos.

Por lo anterior es importante definir el concepto de cuello de botella o capacidad limitante.

Capacidad limitante (cuello de botella): actividad de menor capacidad total en el proceso productivo y define la capacidad del proceso.

¿Cómo resolver el cuello de botella?

1. Dividir o combinar las operaciones: dividir el trabajo de las operaciones más lentas entre varios puestos. No obstante, hay restricciones tecnológicas que impiden una mayor división de las operaciones o no hay suficiente espacio en la fábrica para ubicar un puesto más de trabajo y tampoco sea factible.
2. Mejorar las formas de realizar las operaciones: mejorando los métodos de trabajo con capacidad limitante.
3. Acumular material a realizar las operaciones más lentas en tiempos desplazados: crear reservas de semiproductos previos a la operación más lenta, programar tiempo de



realización de la producción con comienzo con tiempo anterior a las operaciones siguientes.

¿Para qué se estudia este procedimiento de balance de proceso?

Para asegurar una relación adecuada entre:

- Las operaciones necesarias y su secuencia.
- Los tiempos necesarios para cada operación.
- La utilización adecuada de las capacidades instaladas.

## **2. Balance de producciones masivas.**

Cuando se estudia y analiza el balance del proceso se pueden encontrar tres casos diferentes.

- I. Primero: Dada cierta disponibilidad de recursos (materiales y humano), determinar el nivel de producción posible a alcanzar.
- II. Segundo: Dado el nivel de producción solicitado por el cliente, determinar la mano de obra y los puestos de trabajos necesarios para satisfacerla.
- III. Tercero: Combinaciones de ambos casos.

Existen otros enfoques de abordar el asunto de los balances. Estas son las siguientes:

Balance según Punto Limitante. [Marsán, 1987], [Acevedo, 1987].

Las tareas involucradas en el balance de una línea según el criterio del punto limitante se enumeran a continuación:

1. Elaborar el cursograma analítico o sinóptico del proceso.
2. Calcular el fondo de tiempo disponible de equipos y obreros.
3. Calcular las capacidades reales unitarias de equipos y obreros.
4. Calcular las capacidades totales de las actividades del proceso.
5. Determinar el punto limitante y la capacidad total del proceso.
6. Determinar la carga que llega a cada actividad del proceso.
7. Calcular el número de equipos necesarios en cada actividad y el aprovechamiento de las capacidades instaladas.
8. Calcular el número de trabajadores necesarios en cada actividad y el aprovechamiento de la jornada laboral.

Balance según Demanda de Cliente. [Marsán, 1987], [Acevedo, 1987].

Las tareas involucradas en el balance de una línea según una demanda de cliente se enumeran a continuación:

1. Elaborar el cursograma analítico o sinóptico del proceso.
2. Calcular el fondo de tiempo disponible de equipos y trabajadores.

3. Calcular las capacidades reales unitarias de equipos y trabajadores.
4. Determinar la carga para cada actividad partiendo de la demanda del cliente.
5. Calcular el número de equipos necesarios en cada actividad y su aprovechamiento.
6. Calcular el número de trabajadores necesarios en cada actividad y su aprovechamiento.

### **Caso 1: Método del punto limitante.**

El primer caso es típico de cualquier organización con sus recursos disponibles y se requiere conocer cuáles son las posibilidades de producción. En este caso se desarrollan tres fases fundamentales:

Primera fase: Registro y recopilación de la información. Aplicar técnicas estudiadas, puntualizar en:

- Capacidad unitaria máxima de cada equipo.
- Cantidad de puestos existentes para cada operación.
- Estado técnico de los equipos.
- Si están funcionando
- Régimen de trabajo estable.
- Cantidad de obreros por cada puesto de trabajo.
- Cantidad de obreros existentes para cada actividad.
- Norma de trabajo.
- Porcentaje de cumplimiento promedio y porcentaje promedio del aprovechamiento de la jornada laboral.

Segunda fase: Cálculo de las capacidades unitarias y totales reales.

Tercera fase: Análisis del balance. Analizar si son compatibles entre sí todas las capacidades totales reales, detectar capacidad limitante.

### **Ejemplo:**

Una tenería, para el proceso de pieles rústicas tiene el siguiente proceso:

1. Eliminación del pelambre: Las pieles de res saladas pasan a unas tamboras que, con la acción de productos químicos y movimientos mecánicos, desprenden el pelo de la piel. Existen 6 tamboras que pueden procesar cada día (2 turnos) 120 pieles cada una.
2. Precurtido: Las pieles sin pelambre pasan a otras tamboras donde empiezan su proceso de curtido. Allí permanecen un día. Existen 9 tamboras de una capacidad de 80 pieles cada una.

3. Exprimido y corte: Las pieles una vez precurtidas, son exprimidas en rodillos y se le cortan los bordes irregulares. Hay tres máquinas que tienen una norma de tiempo de 3 minutos por piel.
4. Inspección: Antes de pasar a la próxima operación se le realiza una inspección en la cual se obtiene aproximadamente un 12 % de pieles defectuosas que salen del proceso.
5. División de las pieles: Las pieles exprimidas posteriormente se cortan a la mitad por lo largo. Esta operación es manual y la realizan obreros especializados. Esta operación tiene una norma de rendimiento de 25 pieles por hora.
6. Teñido, recurtido y engrase: Las medias pieles obtenidas en la operación anterior se tiñen, recurten y engrasan en tamboras especiales con una capacidad de 100 medias pieles cada una. La planta tiene instalada 3 tamboras cuyo proceso demora 4 horas en cada tambora.
7. Estriado: En 3 prensas con rodillos estriados, que tienen una capacidad de 80 m<sup>2</sup> por hora cada una, se pasan las medias pieles teñidas. Cada media piel teñida tiene aproximadamente 1.8 m<sup>2</sup> de superficie.
8. Recortado: Las pieles estiradas una vez secas se le recortan las partes sueltas e irregulares de forma manual con cuchillas, teniendo una norma de rendimiento de 40 medias pieles por horas. En esta operación se tiene un sobrecumplimiento de la norma de un 15 %.
9. Pintado y secado: A las medias pieles se le pinta con el color final que van a tener, lo cual dura 5 minutos por cada media piel y se hace de forma manual con pistolas neumáticas.

Se pide calcular el nivel de producción de la tenería si la planta trabaja 250 días al año y 2 turnos por día.

#### Solución:

Primer paso: Registro y recopilación de la información.

En este caso se puede considerar la información recopilada, como la que se ha mostrado, la cual se puede graficar para una mejor comprensión.

Segundo paso: debe calcularse el fondo de tiempo anual de trabajo de la planta:

$$\begin{aligned}
 FT &= \# \text{ de días al año} * \# \text{ de turnos por día} * \# \text{ de horas por turno} * (1 - K) \\
 &= 250 \text{ días al año} * 2 \text{ turnos por día} * 8 \text{ horas por turno} * 60 \text{ min por hora} \\
 &= 4\,000 \text{ horas al año} = 240\,000 \text{ minutos / año.}
 \end{aligned}$$

Tercer Paso: Cálculo de las capacidades unitarias y totales reales por operación.

Operación 1: eliminación de pelambre:

$C_{u1} = 120 \text{ pieles/ día-Equipo}$

$C_{t1} = 120 \text{ pieles/día- Equipo} * 6 \text{ Equipos} * 250 \text{ días / año} = 180\,000 \text{ pieles / año.}$

Operación 2: Precurtido:

$C_{u2} = 80 \text{ pieles / día- Equipo}$

$C_{t2} = 80 \text{ pieles / día- Equipo} * 9 \text{ Equipos} * 250 \text{ días / año} = 180\,000 \text{ pieles / año.}$

Operación 3: Exprimido y corte:

$C_{u3} = 240\,000 \text{ min / año- equipo} / 3 \text{ min / piel} = 80\,000 \text{ pieles / año-equipo.}$

$C_{t3} = 80\,000 \text{ pieles / año-equipo} * 3 \text{ equipos} = 240\,000 \text{ pieles / año.}$

Operación 4: División de las pieles:

$C_{u4} = 25 \text{ pieles por hora- obrero} * 2 \text{ turnos/ día} * 8 \text{ horas / turno} * 250 \text{ días/ año} = 100\,000 \text{ pieles / año- obrero.}$

$C_{t4} =$  Como las operaciones manuales generalmente no limitan los procesos, la capacidad total aquí es ilimitada.

Operación 5: Teñido, recurtido y engrase:

100 medias pieles = 50 pieles.

$C_{u5} = (50 \text{ pieles / equipo}) / (4 \text{ horas}) * 2 \text{ turnos/ día} * 8 \text{ horas / turno} * 250 \text{ días / año} = 50\,000 \text{ pieles / año-equipo.}$

$C_{t5} = 50\,000 \text{ pieles / año-equipo} * 3 \text{ equipos} = 150\,000 \text{ pieles / año.}$

Operación 6: Estriado:

$C_{u6} = (80 \text{ m}^2 / \text{hora- equipo} / 1.8 \text{ m}^2 / \text{media piel} / 2 = 22.22 \text{ piel / hora- equipo} * 16 \text{ horas/día} * 250 \text{ días/ año} = 88\,888.88 \text{ pieles/ año.}$

$C_{t6} = 88\,888.88 \text{ pieles/ año} * 3 \text{ equipos} = 266\,666 \text{ pieles / año.}$

Operación 7: Recortado:

$C_{u7} = 20 \text{ pieles / hora-obrero} * 16 \text{ horas / día} * 250 \text{ días / año} (1.15) = 92\,000 \text{ pieles / año-obrero.}$

$C_{t7} =$  Como es una operación manual se supone una capacidad total ilimitada.

Operación 8: Pintado y secado:

La norma es de 5 min / media piel, lo que es igual a 10 min / piel, por tanto:

$C_{u8} = 240\,000 \text{ min / año-obrero} / 10 \text{ min / piel} = 24\,000 \text{ pieles / año-obrero.}$

$C_{t8} =$  como operación manual, la capacidad total es ilimitada.

Cuarto paso: Determinar el punto limitante y la capacidad total del proceso.

El punto limitante es la Operación 5: Teñido, recurtido y engrase y la capacidad total del proceso es 150 000 pieles al año.

Quinto paso: Asignar las cargas en el mismo sentido del flujo.

Una vez calculadas las capacidades unitarias y totales, se asignan las cargas de inicio a fin del flujo, es decir, en el mismo sentido del flujo.

Auxiliarse del diagrama.

Operación 1: eliminación de pelambre:

$$C_{t1} = 180\,000 \text{ pieles / año.}$$

$$Q_1 = 180\,000 \text{ pieles / año.}$$

Es decir, la operación asimila la carga en función de su capacidad disponible.

Operación 2: Precurtido:

$$C_{t2} = 180\,000 \text{ pieles / año.}$$

$$Q_2 = 180\,000 \text{ pieles / año.}$$

Operación 3: Exprimido y corte:

$$C_{t3} = 240\,000 \text{ pieles / año.}$$

$$Q_3 = 180\,000 \text{ pieles / año.}$$

Obsérvese que de la operación 2 a la 3 solo llegan 180 000 pieles/ año, por tanto, esta operación se subutiliza.

En esta operación 3 se produce un 12 % de defectuosos que sale del proceso, por tanto:

$$180\,000 \text{ pieles / año } (1 - 0.12) = 158\,400 \text{ pieles / año.}$$

Operación 4: División de las pieles:

$$C_{t4} = \text{ilimitada (manual)}$$

$$Q_4 = 158\,400 \text{ pieles / año.}$$

Operación 5: Teñido, recurtido y engrase:

$$C_{t5} = 150\,000 \text{ pieles / año.}$$

$$Q_5 = 150\,000 \text{ pieles / año.}$$

Véase como la capacidad en 5 no absorbe toda la carga que llega de la operación 4, por tanto, se toma una carga igual a la capacidad en 5.

Operación 6: Estriado:

$$C_{t6} = 266\,666 \text{ pieles / año.}$$

$$Q_6 = 150\,000 \text{ pieles / año.}$$

Operación 7: Recortado:

$$C_{t7} = \text{ilimitada (manual).}$$

$$Q_7 = 150\,000 \text{ pieles / año.}$$

Operación 8: Pintado y secado:

$$C_{t8} = \text{ilimitada (manual).}$$

$$Q_8 = 150\,000 \text{ pieles / año.}$$

Por lo tanto, capacidad del proceso es de 150 000 pieles / año aproximadamente.

Sexto paso: Determinar el número de equipos y obreros por operación y calcular su aprovechamiento. Utilizar las expresiones siguientes:

$\% U_e = \text{Ne necesarios} / \text{Ne decididos}$ .

$\% U_e = \text{No necesarios} / \text{No decididos}$ .

**Que queda como trabajo independiente.**

### **Caso 2: Método de la demanda.**

Conocido el volumen de producción que es necesario alcanzar, determinar la cantidad de recursos que se requieren.

1er paso: Registro y recopilación de información (igual al caso anterior).

2do paso: Calcular el fondo de tiempo disponible de equipos y obreros

3er paso: Cálculo de las capacidades unitarias por operación.

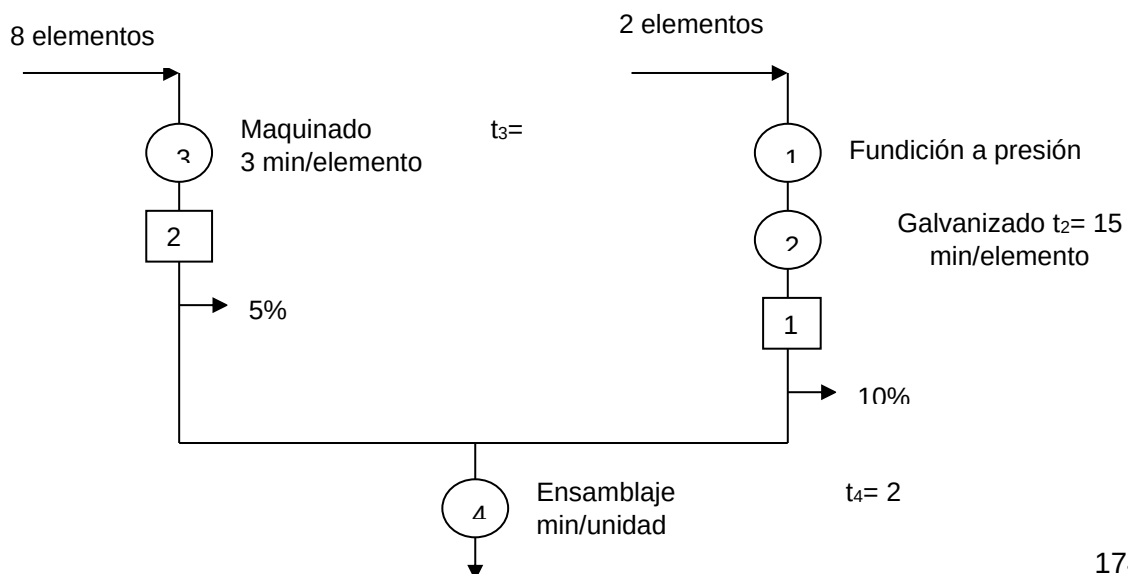
4to paso: Asignación de cargas partiendo de la demanda (sentido inverso del flujo).

5to paso: Determinación de la cantidad de puestos de trabajo, equipos y obreros por operación. que responden a la capacidad unitaria calculada.

6to paso: Determinar el aprovechamiento de equipos y obreros.

#### **Ejemplo:**

Un establecimiento produce un mecanismo que consta de diez elementos. La fábrica trabaja un turno de 8 horas, 24 días por mes y 11 meses por año. El porcentaje promedio de utilización de la capacidad de los equipos es del 80%. La información sobre el proceso productivo se recoge en el diagrama del proceso que se muestra a continuación, los  $t_{oi}$  son los tiempos unitarios de operación donde  $i = 1, 2, 3, 4$  operaciones. El plan anual de producción es de 10 000 unidades. Determine el número de puestos de trabajo para los operarios de maquinado, galvanizado y ensamblaje.



Pasos a desarrollar para determinar el número de puestos de trabajo para cubrir el plan de producción de 10 000 unidades en el año.

1er Paso: Registro y recopilación de información, (la que aparece como datos en el flujo).

2do Paso: Determinar el fondo de tiempo anual de los equipos del proceso, según los datos disponibles.

$$FT = 11 \text{ meses/año} \times 24 \text{ días/mes} \times 1 \text{ turno/día} \times 8 \text{ h/t-eq} \times 60 \text{ min/h} \times 0.8$$

$$FT = 101\,376 \text{ min/año-eq.}$$

3er paso: Determinar la capacidad unitaria real (al año) de cada actividad.

$$C_2 = 101\,376 \text{ min/año-eq} / 15 \text{ min / elemento} = 6758.4 \text{ elementos / año-eq.}$$

$$C_3 = 101\,376 \text{ min/año-eq} / 3 \text{ min/elemento} = 33\,792 \text{ elementos / año-eq}$$

$$C_4 = 101\,376 \text{ min/año-eq} / 2 \text{ min/unid} = 50\,688 \text{ unid / año-eq.}$$

No es necesario calcular la capacidad en la operación 1.

4to Paso: Asignación de cargas en el sentido inverso del flujo.

Por tanto, comenzamos por la operación 4.

5to paso: Determinar el número de puestos (equipos u obreros).

**Estos dos pasos se desarrollan a la vez.**

Operación 4:

Salen 10 000 unidades.

Como no se observa salida por defectuosos, suponemos que la entrada es similar que la salida por tanto  $Q_4 = 10\,000$  unidades.

$$N_{e4} = Q_4 / C_4.$$

$$N_{e4} = 10\,000 \text{ unid/año} / 50688 \text{ unid/año-eq} = 0.1972.$$

$$N_{e4} = 1 \text{ eq} = 1 \text{ puesto de ensamblaje.}$$

Entre la operación 2 y la 4 (o la 3 y la 4), hay un nudo que se debe resolver antes de continuar. Una unidad tiene 10 elementos. En total hay que producir 10 000 elementos/año.

La rama izquierda debe producir 80 000 elementos/año y la rama derecha, 20 000 elementos/año.

Rama derecha.

Esta rama debe producir 20 000 elementos/año. Como hay una salida de 10% de defectuosos, para que posteriormente salgan a la operación 4, 10 000 elementos con calidad, ¿Cuántos tenían que haber entrado?

$$Q_2 = 20\,000 \text{ elementos al año} / (1 - 0.10)$$

$Q_2 = 22\,222.2$  elementos/año. Esta carga sale de la inspección 1 y será la que ha salido de la operación 2, por tanto, esta es su carga.

Operación 2.

Si al finalizar la operación salieron 22 222,2 elementos.

$N_{e2} = 22\,222 \text{ elementos} / \text{año} / 6\,758 \text{ elementos/año-equipos} = 3,288 = 4 \text{ equipos.}$

Rama izquierda (fundición no solicita cálculos de recursos).

Antes observemos salida de un 5%.

$Q_3 = 8\,000 / (1 - 0,05) = 84\,210,5 \text{ elementos/año.}$

Operación 3.

$N_{e3} = 84\,210 / 33\,792 = 2,49 = 3 \text{ equipos.}$

La respuesta final acerca del problema será:

3 equipos en maquinado, 4 equipos de galvanizado y 1 puesto de ensamblaje.

6to paso: Determinar el aprovechamiento de los equipos y obreros.

**De trabajo independiente.**

### **Tercer caso de Balance: Caso Combinado.**

Se procede similar al primer caso, el objetivo es conocer la capacidad limitante. Se ajusta luego el proceso a esta capacidad, o sea, se ajusta la capacidad de cada una de las actividades restantes a la "limitante". Esto se hace calculando la cantidad de recursos materiales y humanos necesarios para que de cada actividad haya una capacidad igual a la limitante.

#### **Ejemplo:**

Se presenta un taller de fabricación de mesas metálicas de cuatro patas. En él se trabajan 8 horas/turno, la línea de tableros trabaja un turno/día y la de patas dos turnos/día. El índice de utilización de la capacidad de los equipos es de 75%. Determine si el taller puede satisfacer la demanda de 200 mesas diarias. E caso contrario proponga los ajustes pertinentes.

Línea de tableros.

Capacidad unitaria real.

$FT = 8 \text{ h/turno} \times 1 \text{ turno/día-eq} \times 60 \text{ min/h} \times 0,75.$

$FT = 360 \text{ min/día-eq.}$

En unidades físicas.

$C = 360 \text{ min/día-eq} / 3 \text{ min/tablero.}$

$C = 120 \text{ tableros/día-eq.}$

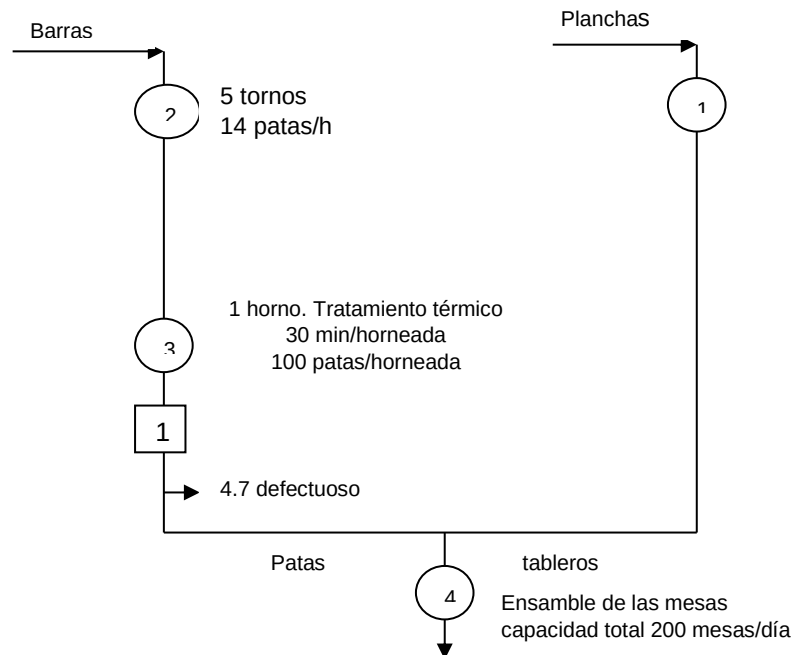
Operación 1.

Hay una sola cizalla por tanto  $C_1 = 120 \text{ tableros/día.}$



Por tanto, como cada mesa tiene un tablero entonces la línea de tableros es capaz de producir 120 mesas/día.

Representación del flujo de producción.



Línea de Patas o Barras.

$$FT = 2 \text{ turno/día-eq} \times 8 \text{ h/turno} \times 60 \text{ min/h} \times 0,75.$$

$$FT = 720 \text{ min/día-eq.}$$

Entonces hay que expresar esta capacidad en unidades físicas para cada actividad de dicha línea.

Operación 2.

$$C_{u2} = 14 \text{ patas/h} \times 720 \text{ min/día-eq} / 60 \text{ min/h} = 168 \text{ patas/día-eq.}$$

Capacidad total real.

$$C_{t2} = 168 \text{ patas/día-eq} \times 5 \text{ eq} = 840 \text{ patas/día.}$$

Operación 3.

Es un equipo de funcionamiento continuo, por tanto:

$$C_{u3} = 100 \text{ patas/horneada} / 30 \text{ min/horneada} = 3,33 \text{ patas/min.}$$

$$C_{u3} = 3,33 \text{ patas/min} \times 720 \text{ min/día-eq.}$$

$$C_{u3} = 2\,397 \text{ patas/día-eq.}$$

Como hay un solo horno.

$$C_{t3} = 2\,397 \text{ patas/día.}$$

Determinar la capacidad limitante.

La operación 2 es la capacidad limitante y por tanto fija la capacidad de la línea hasta la inspección 1 pues aquí aparece una salida o rechazo.

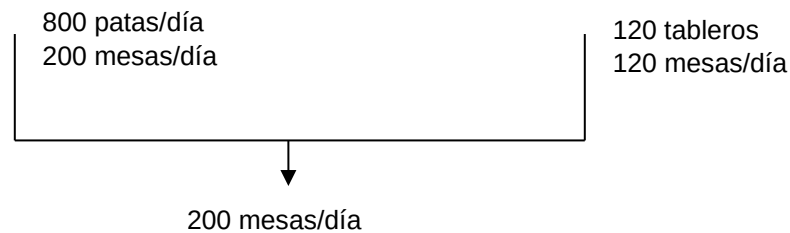
$$Q = 840 \text{ patas/día} - 4,7\% (840)$$

$$Q = 840 \text{ patas/día} - 39,48 \text{ patas/días.}$$

$$Q = 800, 52 \text{ patas/día.}$$

O sea, la capacidad de la línea en estudio es de 800 patas/día; equivalente a 200 mesas/día, pues cada mesa tiene cuatro patas.

Por tanto, resumiendo los resultados hasta aquí:



La capacidad del taller está limitada por la línea de tableros a 120 mesa/día por lo que no puede satisfacer la demanda de 200 mesas/día.

Por tanto, la modificación está en función de los recursos existentes y debe ser en la línea de tableros a partir de:

$$N_e = Q/C = 200 \text{ tableros/día} / 120 \text{ tableros/día-eq.}$$

$$N_e = 1,6 = 2 \text{ equipos.}$$

Una posible solución sería adquirir una nueva CIZALLA.

Otra solución sería variar la capacidad real actual cizalla. Por tanto, un turno más al día.

$$FT = 8 \text{ h/turno} \times 2 \text{ turno/día-eq} \times 60 \text{ min/h} \times 0,75$$

$$FT = 720 \text{ min/día-eq.}$$

$$C_e = 720 \text{ min/día-eq} / 3 \text{ min/tablero} = 240 \text{ tablero/día-eq.}$$

Como existe una sola cizalla

$$C_{T1} = 240 \text{ tableros.}$$

La opción por una de estas variantes depende del estado técnico de la actual cizalla, el cual pudiera estar limitando el número de turnos a trabajar por ella, la posibilidad de contar con recursos para adquirir otra cizalla y la existencia de área en el taller para ubicarla.

Este método es aplicable a producciones con una nomenclatura de productos limitada, allí donde la diversidad de productos sea amplia será necesario utilizar otros métodos conocidos que veremos próximamente.

**Conclusiones generales de la clase:****Generalización de los contenidos orientados:**

Resumir el procedimiento:

Primer caso: Determinar volumen de producción a satisfacer por el proceso.

1. Calcular capacidad unitaria y total por operación.
2. Calcular capacidades limitantes.
3. Asignar las cargas en el sentido del flujo.
4. Definir volumen de producción.

Explicar que el procedimiento de cálculo y balance cuando se tiene el volumen de producción, es inverso del utilizado cuando contamos con los recursos asignados al proceso.

Podemos encontrarnos con casos más complejos donde será necesario encontrar el punto limitante y a partir del mismo, balancear el proceso.

**Orientación del trabajo independiente:**

Realizar el trabajo independiente orientado en el ejemplo 1 y en el ejemplo 2.

**Bibliografía:**

Marsan, J. y colectivo de autores. Ingeniería de Métodos.

Niebel, B. W, Freivalds, A. Métodos, estándares y diseño del trabajo

Kanawaty, G., Introducción al Estudio del Trabajo

Salvendy, G., John. Handbook of Industrial Engineering.

**Nexo- motivación de la próxima clase:**

Hasta esta conferencia se ha hecho referencia en la asignatura a procedimientos y herramientas para el análisis de los métodos de trabajo a nivel de procesos. A partir de la próxima clase comenzaremos a estudiar herramientas para extender dicho análisis a las operaciones o puestos de trabajo, específicamente estudiando el fenómeno de la economía de movimientos en el lugar de trabajo y como herramienta principal de análisis el diagrama bimanual.

**Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez"**

**Facultad de Ingeniería**

**Departamento Ingeniería Industrial**

**Asignatura:** Organización de Procesos y Puestos.

**Tema II: Estudios de Métodos a nivel de procesos.**

**Clase Práctica No. 4**

**Sumario:** Balance de procesos masivos.

**Objetivo:**

1. Consolidar el balance de procesos masivos mediante el desarrollo de casos de estudio.

Para el desarrollo de la clase práctica se debe dividir el aula en 4 equipos para la resolución y exposición de los casos de estudios.

**Ejercicios propuestos:**

- Equipo 1: Resolver el ejercicio propuesto 1: Elaboración de croqueta criolla del Manual de Casos Prácticos, Parte II.
- Equipo 2: Resolver el ejercicio propuesto 2: Elaboración de picadillo de Fauna Acompañante y Pescado fuera de talla del Manual de Casos Prácticos, Parte II.
- Equipo 3: Resolver el ejercicio propuesto 3: Proceso de Deshuese de Pollo del Manual de Casos Prácticos, Parte II.
- Equipo 4: Resolver el ejercicio propuesto 4: Elaboración del Filete de Tenca Adobado del Manual de Casos Prácticos, Parte II.

**Nota:** Si pudieron observar en cada uno de los ejercicios, ya han sido registrados los procesos en tareas anteriores, por tanto, deben continuar con las demás actividades asignadas para la resolución de cada uno.

**Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez"**

**Facultad de Ingeniería**

**Departamento Ingeniería Industrial**

**Asignatura:** Organización de Procesos y Puestos.

**Tema II: Estudios de Métodos a nivel de procesos.**

**Clase Práctica No. 5: Modalidad a distancia.**

**Sumario:** Balance de procesos masivos.

**Objetivo:**

1. Consolidar el balance de procesos masivos mediante el desarrollo de casos de estudio.

**Ejercicio propuesto:**

En una fábrica encargada de producir elementos de aluminio existen diferentes procesos para la fabricación de sus productos, entre los cuales se encuentran puertas, ventanas, enseres, repisas y estantes. En el proceso de producción ventanas de aluminio, existen dos líneas productivas, una que se encarga de los marcos de las ventanas y otra que se encarga de las ventanas o persianas.

La materia prima llega en forma de planchas grandes y planas, pasa a una primera operación que se encarga del cortado, donde existe 1 equipo manejado por dos operarios, y demora 15min cada ventana. Posteriormente pasa a otro equipo que se encarga del prensado, en el cual trabaja un obrero y demora igualmente 15min cada ventana. Luego se realiza los dobles de las esquinas para evitar cortes o daños, en esta etapa existen dos equipos que son manejados por un obrero cada uno y esto toma 2 min por ventana. Una vez realizado los dobles son ajustados los bordes de las ventanas por una máquina controlada por un operario, tomándole un tiempo de 2min cada ventana. Luego la ventana es pintada por una máquina que tiene dos brazos y en cada brazo se coloca una ventana y demora 4min pintar cada ventana. Finalmente se realiza una inspección donde se obtiene un 5% de defectos y el obrero demora 2min en inspeccionar una ventana. En esta línea trabajan además 2 obreros auxiliares

Paralelamente a esta línea existe otra que se encarga de los marcos. En la línea que produce los marcos llegan grandes listones de aluminio a una operación donde son cortados por una máquina operada por un obrero, demorando 0.15min por marco. Luego son pulidos los marcos por una máquina que demora 0.8min por marco y es operada por un obrero, luego los marcos son pintados por una máquina que tarda 1min por marco y es

operada por un obrero. Posteriormente un obrero realiza una inspección que obtiene un 10% de desecho. En esta línea trabaja además un obrero auxiliar.

Luego estas dos líneas se unen para realizar el montaje, la cual consta de 5 operaciones, que demora cada una 1.5min por ventana con marco y trabaja un obrero en cada operación. Esta fábrica trabaja 280 días al año, 1 turno de 8 horas y se aprovecha la JL en un 85 % de los obreros, así como las capacidades instaladas. A usted como Ingeniero Industrial se le pide que realice un análisis carga – capacidad y diga las medidas que Ud. como ingeniero tomaría.

**Nota:** Cada equipo debe entregar por escrito o digital el caso de estudio antes de la próxima clase.

**Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez"**

**Facultad de Ingeniería**

**Departamento Ingeniería Industrial**

**Taller No. 1: Modalidad a distancia.**

**Tema II: Estudio de métodos a nivel de los procesos.**

**Objetivo:**

1. Consolidar los contenidos estudiados en el estudio de métodos a nivel de proceso mediante la resolución de casos de estudio.

**Resuelve el siguiente caso de estudio:**

**Proceso de producción de tabletas.**

Un laboratorio de la empresa Comercializadora de Medicamentos produce tabletas de diferentes tipos que siguen un proceso similar.

La materia prima llega en forma de polvo y granulados y en el área de preparación se pesan y preparan los medicamentos necesarios para cada lote de tabletas. En esta área las operaciones son manuales (1 lote contiene 100 Kg de materia prima).

El lote de producto pasa al área de elaboración donde se realizan dos operaciones, primero en los molinos y luego en los calmic. En los molinos la materia prima se micropulveriza y en los calmic se mezcla, granula y seca el lote de productos, obteniéndose granulado. Aquí se realiza un control del peso, detectándose una merma del 2% del producto.

El troquelado pasa a los equipos (troqueles) donde se forman las tabletas (1 tableta pesa 0.2g).

Luego se realiza una inspección para extraer las tabletas defectuosas que representa el 5% de la producción.

Las tabletas ya conformadas pasan al área de confitado donde son cubiertas con sustancias de colores. Esta actividad se realiza con equipos rotativos denominados bombos.

Las tabletas pasan al área de envase mecánico donde por medio de las máquinas se colocan en estuches llamados blisters de 10 tabletas cada uno. Al concluir esta operación se realiza una inspección donde se separan los blisters defectuosos que representan el 6%.

Los blisters se llevan al área de envases y embalajes manual donde se colocan en estuches de cartón y en cajas. Cada caja contiene 1000 blisters estuchados.

**Datos del proceso:**

| Operación                          | Nt<br>(min/lote) | NR                  | Capacidad<br>total<br>(Tabletas/Día) | Números de<br>equipos | Número de<br>obreros |
|------------------------------------|------------------|---------------------|--------------------------------------|-----------------------|----------------------|
| Preparación<br>(Manual)            | -                | -                   | 16 000 000                           | -                     | -                    |
| Micro<br>pulverización             | 100              | -                   |                                      | 3 (Molinos)           | -                    |
| Mezclado,<br>granulado y<br>secado | 200              | -                   | -                                    | 4 (Calmic)            | -                    |
| Troquelado                         | 150              | -                   | -                                    | 8 (troqueles)         | -                    |
| Confitados                         | -                | -                   | 9 999 999                            | Bombo                 | -                    |
| Envase<br>mecánico                 |                  | 100<br>blisters/min | -                                    | 10<br>envasadoras     | -                    |
| Envase manual                      |                  | 25<br>cajas/obrero  | -                                    | -                     | 6                    |

El laboratorio trabaja 2 turnos por día con un tiempo de trabajo efectivo de equipos y obreros de 400 min/turno y se considera 80 minutos de descanso adicional por turno de trabajo.

**Datos adicionales:**

Para estos análisis tenga en cuenta que cada equipo es operado por un obrero.

En la operación 1 existe actualmente 2 obreros y en la operación 5, un equipo. La empresa dispone de la posibilidad de adquirir nuevos equipos.

**Nota:** Las operaciones manuales no constituyen cuello de botella.

- Registro del proceso.
- Se solicitó al laboratorio producir 8 millones de tabletas al día y se desea conocer si con las condiciones actuales, es posible. En caso de no ser posible proponga mejoras.
- Determine la dinámica de productividad del trabajo, si se pretende también reducir por medidas técnico organizativas, la plantilla de trabajadores del proceso en un 5%.

**Importante:** entregarse por equipo.

- **Se debe entregar por escrito o digital antes de la próxima clase.**
- **Se aceptan los trabajos hasta las 1: 00 pm**



**Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez"**

**Facultad de Ingeniería**

**Departamento Ingeniería Industrial**

**Asignatura: Organización de Procesos y puestos.**

**Tema III:** Estudio de métodos en puestos de trabajo. Puesto de trabajo. Clasificaciones. Elementos que lo componen. Sus relaciones. Elementos de la organización del trabajo aplicados al puesto.

**Conferencia 7.**

**Sumario:**

1. Definición, clasificación y elementos de los puestos de trabajo.
2. Relaciones y elementos de la organización del trabajo aplicados al puesto.

**Introducción:**

Control de asistencia.

**Rememoración de contenidos del tema anterior:**

- Aquí abordar los diferentes enfoques de los balances. Tomar el enfoque de las conclusiones anteriores y mostrarlo a estudiantes.

**Aclaración de dudas y consolidación del tema anterior:**

Tener en cuenta los objetivos de la clase anterior:

1. Explicar los métodos para el cálculo de la carga y las capacidades de procesos masivos.
2. Balancear procesos masivos.

**Control del estudio independiente y evaluación:**

Recoger y debatir el caso de estudio orientado en el taller integrador correspondiente al balance.

**Desarrollo:**

**Introducción - Motivación: Planteamiento del problema a resolver en la clase.**

El segundo nivel de análisis de la ingeniería de métodos es el lugar o puesto de trabajo. Cuando sucede que el desempeño o la productividad del puesto dependen básicamente de los movimientos del trabajador en el área de trabajo, del diseño ergonómico del puesto y las herramientas, es conveniente aplicar la teoría de la economía de movimientos al estudio de los métodos actuales para idear nuevos métodos de trabajo.

**Planteamiento de los objetivos:**

1. Definir, clasificar y relacionar los elementos de los puestos de trabajo mediante el estudio de método.

## **Desarrollo:**

### **Definición de Puestos de trabajo:**

Se define como Puesto de Trabajo al área establecida para que el trabajador cumpla una determinada tarea dentro del proceso productivo, estando dotado de los medios de trabajo necesarios para ejecutar esta. El puesto de trabajo es por tanto la zona de actividad laboral de uno o varios trabajadores, equipada con los correspondientes medios de trabajo y donde el hombre transforma los objetos de trabajo y obtiene los productos o desarrolla los servicios inherentes a su cargo u ocupación.

### **Clasificación de los puestos de trabajo:**

La múltiple variedad de puestos de trabajo que existe en la economía determina la necesidad de su agrupamiento a los efectos de la Organización del Trabajo atendiendo a una serie de factores y a las características específicas de la actividad que en ellos se ejecuta.

En base a estas consideraciones los puestos de trabajo se pueden agrupar atendiendo a:

- a) Grado de mecanización: Según este criterio, los puestos de trabajo pueden ser:  
Manuales, Mecánico-Manuales, Mecanizados y Automatizados.

Los puestos **manuales** son aquellos en los cuales el trabajo se realiza a mano o con ayuda de instrumentos de trabajo manuales. En este tipo de puesto, tanto el trabajo principal como el auxiliar y el de servicio son realizados por el obrero.

Los puestos **mecánico-manuales** son aquellos donde el trabajo se realiza con ayuda de máquinas o mecanismos. En este tipo de puesto el peso específico de la actividad del hombre es tal que la producción depende fundamentalmente de él. El trabajo principal es realizado por el hombre con ayuda de la máquina y por este directamente.

Los puestos **mecanizados** son aquellos en los que el trabajo principal se realiza por medio de la máquina dirigida por el obrero y los elementos del trabajo auxiliar se realizan manualmente o con ayuda de mecanismos.

Los puestos **automatizados** son aquellos en los que el trabajo principal está totalmente automatizado y el trabajo auxiliar está también parcial o totalmente automatizado; además en este tipo de puestos la dirección del funcionamiento de los mecanismos se hace automáticamente. En estos casos la función del obrero se limita al ajuste, observación y eliminación de desviaciones en los mecanismos del equipo.

- b) Cantidad de trabajadores y su agrupación: Según este criterio los puestos de trabajo pueden ser individuales o colectivos (en brigadas).

Los puestos **individuales** son aquellos en los cuales trabaja un solo obrero.

Los puestos **colectivos** son aquellos en los cuales, dadas las características de división y cooperación del trabajo que se establecen, se requiere la participación interrelacionada de más de un obrero.

- c) Número de equipos que componen el puesto: Según este criterio los puestos pueden ser de equipo único o multiequipados.

Los puestos de **equipo único** son aquellos en los cuales el obrero trabaja con un solo equipo.

Los puestos **multiequipados** son aquellos que comprenden varios equipos, los cuales, a su vez, pueden ser atendidos por uno o varios obreros.

- d) Grado de especialización: Según el grado de especialización, los puestos de trabajo pueden ser especializados o universales.

Los puestos **especializados** son aquellos en los cuales el equipo, los dispositivos y las herramientas utilizadas por el obrero, debido a su diseño, sólo pueden ser empleadas en un tipo de trabajo, es decir, para realizar una o un grupo reducido de operaciones.

Los puestos **universales** son aquellos en los cuales el equipo, los dispositivos y las herramientas utilizadas por el obrero pueden ser empleadas en una gran variedad de operaciones.

- e) Grado de movilidad: Según el grado de movilidad los puestos pueden ser estacionarios o móviles.

Los puestos **estacionarios** son aquellos en los cuales el trabajo se realiza en un área bien definida, no trasladándose el equipo ni el obrero, excepto en límites muy estrechos.

Los puestos **móviles** son aquellos en los que el trabajo se realiza cambiando constantemente de lugar.

- f) Forma de elaboración de la materia prima: Según este criterio los puestos pueden ser:

- Beneficiador o natural.
- Convertidor o químico.
- Configurador o mecánico.

- g) Curso tecnológico: Según el curso tecnológico los puestos pueden ser: sencillos o complejos.

- h) Curso temporal del proceso: Pueden ser continuos o discontinuos.

### **Elementos que componen el puesto de trabajo:**

El puesto de trabajo como célula fundamental del proceso productivo está integrado por tres elementos: Fuerza de Trabajo (FT), Medios de Trabajo (MT) Y Objeto de Trabajo (OT).

Estos tres factores de acción, constituyen las fuerzas productivas y conforman las relaciones primarias de producción en la organización.

**Medio de Trabajo:** Es aquel objeto o conjunto de objetos de que se sirve el hombre para actuar sobre el objeto de trabajo y transformarlo. Entre ellos los más importantes son los instrumentos de producción, que comprenden las más diversas herramientas empleadas por el hombre para trabajar.

**Objeto de trabajo:** Constituye el objeto del proceso de trabajo, sobre el que actúa el hombre con ayuda de los medios de trabajo para transformarlo en producto con un determinado valor de uso.

**Fuerza de trabajo:** Es la capacidad del hombre para trabajar, el conjunto de energías físicas y espirituales que le permiten producir los bienes materiales. La fuerza de trabajo constituye el elemento que pone en movimiento a los medios de producción.

**Relaciones entre los elementos que integran el puesto de trabajo.**

Los objetos de trabajo y los medios de trabajo forman, en conjunto, los medios de producción. Para que el proceso de trabajo y de creación comience, es necesario que a los medios de producción se incorpore la fuerza de trabajo. Unidos la fuerza de trabajo y los medios de producción constituyen las fuerzas productivas de la sociedad.

**Elementos de la organización del puesto de trabajo:**

La organización del trabajo está condicionada por el nivel alcanzado por las fuerzas productivas y por el grado de madurez de las relaciones de producción. Por tanto, a su escala, la organización del puesto de trabajo estará sometida también a tales condiciones. No tendrá efecto la organización óptima que aisladamente pueda concebirse para un puesto de trabajo, si esta no responde a las condiciones organizativas del trabajo y de producción que la rodea.

La organización del puesto de trabajo debe ser paralela a la organización de los servicios al obrero, a los medios de trabajo y al objeto de trabajo.

La organización del puesto de trabajo consta de cuatro elementos fundamentales:

- Organización de su especialización.
- Abastecimiento del puesto de trabajo.
- Planificación.
- Servicio.

Especialización del puesto de trabajo: Se entiende por especialización del puesto de trabajo cuando en cada uno se cumple determinado conjunto de operaciones de producción o trabajos interrelacionados por algún principio tecnológico.

Los fundamentos técnicos de la especialización son:

- Estandarización.
- Normalización.
- Unificación de piezas.
- Tipificación de los procesos tecnológicos.

Abastecimiento del puesto de trabajo: Es el aseguramiento máximo con todos los medios de trabajo necesarios, los que se determinan en dependencia de los procesos tecnológicos que se llevan a cabo, del grado de su especialización y del nivel de mecanización existente en el puesto de trabajo.

Planificación del puesto de trabajo: Es la distribución correcta de los medios de trabajo y los objetos de trabajo en la zona correspondiente al puesto de trabajo.

Esta planificación exige:

- Que cada medio y objeto de trabajo esté dispuesto en un determinado lugar en la zona del puesto de trabajo, debe asegurarse una localización cómoda, sin gastos innecesarios de energía.
- Los medios de trabajo utilizados con más frecuencia deberán estar colocados a una distancia mínima del alcance normal del obrero dentro de su zona de utilización.
- Los materiales e instrumentos deben colocarse de forma tal que aseguren el ritmo sucesivo en los movimientos del obrero y reduzcan los movimientos a efectuar por este al mínimo.

### **Servicio a los elementos del puesto de trabajo:**

Por servicio al puesto de trabajo se entiende el conjunto de medidas encaminadas a garantizar que de forma planificada e ininterrumpida se dote al puesto de trabajo y al obrero que en este labora con todo lo necesario para que se realice la tarea de producción manteniendo a su vez el orden y la limpieza en el lugar de trabajo.

Teniendo en cuenta que en el proceso de trabajo interactúan los tres elementos simples del mismo, el servicio a los puestos de trabajo está integrado por:

- El servicio a los medios de trabajo: El servicio a los medios de trabajo tiene entre sus objetivos fundamentales el mantenimiento y conservación de estos medios, con lo cual se garantiza la continuidad de los procesos productivos.
- Plan de Mantenimiento Preventivo Planificado (MPP): Este plan permite que las reparaciones no se ejecuten en el momento de la rotura con la consiguiente paralización,

sino de forma planificada, logrando conservar el equipo en el mejor estado técnico posible y funcionando ininterrumpidamente.

- El servicio a los objetos de trabajo: Para que el desplazamiento de los objetos de trabajo se realice de manera eficiente, debe hacerse sobre la base de un plan previo y para formular dicho plan conviene conocer las características fundamentales de la manipulación y el almacenamiento de los materiales, así como la repercusión de estas actividades sobre la producción.

El desplazamiento de los objetos de trabajo deberá realizarse de forma tal que la manipulación sea la mínima posible y que se efectúe con la mayor seguridad. Es indispensable que exista una correspondencia entre las características de las cargas a manipular y los medios empleados, o sea que el equipamiento que se utilice sea el adecuado para la tarea a realizar.

- El servicio a la fuerza de trabajo: En dependencia de las características del trabajo, el obrero requerirá para su correcto cumplimiento todo un conjunto de documentos entre los que pueden mencionarse:

*Las órdenes de trabajo:* Documentos primarios en los cuales se señalan las especificaciones tecnológicas del producto a elaborar, así como los volúmenes de actividad y los tiempos previstos para su ejecución.

*Las hojas de ruta:* Documentos que tienen como finalidad identificar los productos y las cantidades a producir, así como las operaciones a efectuar y su secuencia, fijando los datos más importantes con respecto a dichas operaciones, brindando de esta forma prácticamente un proyecto tecnológico sencillo, o en otras palabras la ruta de las operaciones.

*Las cartas tecnológicas:* Documentos mucho más detallados que además de recoger los datos generales del proyecto tecnológico sencillo señalan generalmente la información siguiente:

- Desglose de los elementos de la operación.
- Regímenes de trabajo de los equipos.
- Determinación de todo tipo de herramientas.
- Normativas de tiempo por cada elemento de la operación.
- Croquis de la operación.

*Las cartas de organización del puesto de trabajo:* Recogen además de datos generales sobre el puesto de trabajo, una descripción detallada de las medidas técnico-organizativas propias de este, en relación a cada elemento del sistema de la Organización del Trabajo,

por lo cual es de gran utilidad en todo el proceso de aprendizaje y adaptación, pues se puede usar para comparar y rectificar desviaciones que ocurren durante este proceso.

**Conclusiones generales de la clase:**

**Generalización de los contenidos orientados:**

Teniendo en cuenta la definición de puesto de trabajo propuesta en la conferencia, crear la definición propia para cada uno.

**Orientación del trabajo independiente:**

Buscar otras definiciones de puestos de trabajo por diferentes autores y entregar por equipo.

**Bibliografía:**

Marsan, J. y colectivo de autores. Ingeniería de Métodos.

Kanawaty, G., Introducción al Estudio del Trabajo.

**Nexo- motivación de la próxima clase:**

A partir de la próxima clase comenzaremos a estudiar el análisis y descripción de puestos de trabajo, así como la división y cooperación de trabajo.

**Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez"**

**Facultad de Ingeniería**

**Departamento Ingeniería Industrial**

**Asignatura: Organización de Procesos y puestos.**

**Tema III:** Estudio de métodos en puestos de trabajo. La división y cooperación del trabajo.  
El análisis y descripción de puestos.

**Conferencia 8.**

**Sumario:**

1. La división y cooperación del trabajo.
2. El análisis y descripción de puestos de trabajo.

**Introducción:**

Control de asistencia.

**Rememoración de contenidos del tema anterior:**

- Aquí abordar las diferentes clasificaciones y los elementos del puesto de trabajo.

**Aclaración de dudas y consolidación del tema anterior:**

Tener en cuenta los objetivos de la clase anterior:

1. Definir, clasificar y relacionar los elementos de los puestos de trabajo mediante el estudio de método.

**Control del estudio independiente y evaluación:**

Debatir los diferentes conceptos de puestos de trabajo por equipo orientados en el estudio independiente de la clase anterior.

**Introducción - Motivación: Planteamiento del problema a resolver en la clase.**

La división y cooperación del trabajo aparece con el surgimiento de la civilización. Con el desarrollo de la sociedad, la división y cooperación del trabajo van consolidándose como un elemento indispensable en la organización del trabajo. Ya con el advenimiento del capitalismo, la cooperación basada en la división del trabajo cobra forma básica en la manufactura, a la manufactura le sucedió en el tiempo la industria mecanizada. La industria mecanizada se desarrolla dando origen a la alta mecanización y la automatización, con sus formas propias de división y cooperación del trabajo.

Ya en los días actuales se puede ver la división y cooperación del trabajo como el primer y más general elemento de cualquier sistema de organización del trabajo.

**Planteamiento de los objetivos:**

1. Definir los elementos principales de la división y cooperación del trabajo.
2. Desarrollar el análisis y descripción de puestos de trabajo.



## **Desarrollo:**

### **1. División y cooperación del trabajo:**

Para mantener la cohesión necesaria en el proceso productivo, se requiere transportar continuamente el producto que se fabrica de una mano a otra, de un puesto a otro de trabajo.

La cual se puede apreciar en las dos formas en las que históricamente surge la manufactura:

1ro: en un taller pasa el producto por las manos de los obreros de distintos oficios independientes.

Con el tiempo, de aquí se deriva todo un sistema de división del trabajo en las distintas operaciones que componen el proceso: en la que cada operación pasa a ser ejecutada por un solo obrero.

2do: cuando en un mismo taller laboran muchos obreros que realizan el mismo trabajo o trabajos análogos.

Este modo de manufactura también deriva obligatoriamente en sistema de división del trabajo ante las interrupciones de la marcha del trabajo.

Con la división del trabajo, las distintas fases de producción cobran existencia independiente las unas respecto a las otras.

Analizando por separado la división y cooperación del trabajo se define: (Marsán Castellanos, 1987)

**División del trabajo:** la división del contenido del proceso de trabajo entre los trabajadores.

**Cooperación del trabajo:** es la forma de muchos obreros coordinados y reunidos con arreglo a un plan en el mismo proceso de producción o en procesos de producción diferentes, pero entrelazados.

La división y cooperación del trabajo basa sus objetivos en la necesidad de aumentar la producción de bienes y materiales y asegurar en una medida cada vez mayor, la satisfacción de necesidades, y coadyuvar a que el trabajo se convierta en la primera necesidad vital del hombre.

Estos objetivos se materializarán en la medida en que la división y cooperación del trabajo se realicen de manera justa. Ello será posible siguiendo un procedimiento técnico adecuado. Todo esfuerzo de este tipo debe dividirse en dos etapas: una etapa de diagnóstico, revelación del estado actual del elemento objeto de estudio, y de proyección, ajuste a las desviaciones entre el estado realmente existente y el estado en que debiera encontrarse el elemento de estudio.

- Al analizar la división y cooperación del trabajo existente cabe preguntarse:
  1. ¿Qué características tiene el proceso productivo en estudio, a qué tipo de producción responde?
  2. ¿Cómo está distribuido el contenido de dicho proceso entre los trabajadores, que formas de división y cooperación del trabajo están aplicadas?
- La respuesta a estas preguntas conlleva a que ajustar las formas de división y cooperación al tipo de producción, o sea a proyectar las formas de división y cooperación para lograr una distribución apropiada y el uso racional de los recursos.

### **Formas fundamentales de división y cooperación del trabajo:**

Las formas más difundidas de división del trabajo son:

- a) **Tecnológica:** Es la que se hace por especialidad de índole tecnológico o especialidad, es decir, de acuerdo a la homogeneidad tecnológica de los procesos, es la primera división de un proceso. Ej. Industria mecánica: Fundición, maquinado, tratamiento técnico, ensamblaje. Ej. Fábrica de refrigeradores (Corte y conformado, pintura, montaje, maquinado). Ej. Fábrica de medicamentos.
- b) **Por operaciones:** Descomposición del proceso en operaciones Ej. Maquinado: Torneado, fresado, taladrado Ej. Torneado: Cilindrado, refrentado, desbaste en diferentes equipos.
- c) **Por funciones:** División entre trabajos directos y los de preparación, entre los básicos y los auxiliares. Ej. Obrero directo y obrero que abastece los puestos de trabajo.
- d) **Por calificación:** Distribución en función de la complejidad.
  - Estas clasificaciones no son excluyentes se complementan
  - Dificultades con la excesiva división del trabajo
  - Surge la simultaneidad, el perfil amplio
  - Tendencias actuales a la flexibilidad, al mayor conocimiento y diversidad por parte de los trabajadores

Las formas fundamentales de cooperación de trabajo pueden manifestarse:

- a) Dentro de una unidad de producción o servicio: Entre departamentos o áreas principales y entre departamentos principales y auxiliares.
- b) Dentro de un departamento o área de trabajo: Tecnología (entre partes del proceso) y funcional (servicio a los puestos de trabajos).
- c) Dentro de una sección o sub-área de trabajo: Entre obreros individuales y entre brigadas.

- d) Dentro de la brigada o colectivo de trabajo: Brigada especializada (producción homogénea), ejemplo: brigada de electricidad y brigada de carpinteros. Brigada compleja (producción heterogénea), ejemplo: brigada de mantenimiento.

**Límites a la división del trabajo:**

- ¿Hasta dónde debe dividirse el trabajo?

**a) Económicos:**

En función de la duración del ciclo de producción (minimizar)

Excesiva división → Aumenta el tiempo del ciclo debido a Transporte e inspecciones

Elaborar variantes de división y evaluarlas

**b) Psicofisiológico:**

Influencia en la salud del trabajador, monotonía, fatiga

El hombre se aleja del objetivo final de su trabajo. Pierde la motivación

**c) Social:**

Más atractivo el trabajo, estimular la superación, el salario.

**Procedimiento para analizar y proyectar el balance de puesto:**

Un buen balance debe asegurar una relación adecuada entre:

- El nivel de producción
- Las operaciones necesarias y su secuencia
- Los tiempos necesarios para cada operación
- La utilización adecuada de las capacidades instaladas, buscando cargar al máximo al equipo más costoso.

Realizar un balance consiste en detectar ante que paso de balance nos encontramos, se presentan tres casos de balance:

- Dada cierta cantidad de recursos (materiales y humanos) determinar el nivel de producción a alcanzar.
- Dado un nivel de producción existente, determinar la mano de obra y los puestos de trabajo necesarios.
- Combinaciones de ambos casos.

**Cálculo de necesidades de recursos humanos y equipos:**

En toda fábrica existe una determinada cantidad de obreros y equipos, para determinar utilizaremos las siguientes fórmulas:

$$N_e \text{ o } N_{ob} = \frac{Q}{C_e}$$

**Cálculo de subutilización:**

Para determinar la sub-utilización extensiva de los equipos se refleja:

$$K = \frac{(N_e - N_f)V}{100}$$

## **2. Análisis y descripción de puestos de trabajo (ADPT):**

El Análisis y Descripción de los puestos de trabajo puede ser definido como el proceso de determinación, mediante la observación y el estudio, de los elementos componentes de un puesto específico, estableciéndose las responsabilidades, capacidades, requisitos físicos y mentales que exige, los riesgos que comporta y las condiciones ambientales en las que se desenvuelve. Los autores consultados lo definen como:

DESSLER (1994) define el análisis de puestos de trabajo como el "procedimiento para determinar las obligaciones y habilidades requeridas por un puesto de trabajo, así como el tipo de individuo idóneo para ocuparlo".

CARREL, ELBERT y HATFIELD (1995) señalan que es el "proceso por el cual la dirección investiga sistemáticamente las tareas, obligaciones y responsabilidades de los puestos dentro de una organización. El proceso incluye la investigación del nivel de toma de decisiones de los empleados pertenecientes a una determinada categoría profesional, las habilidades que los empleados necesitan para ejercer su puesto adecuadamente, la autonomía del trabajo en cuestión y los esfuerzos mentales requeridos para desempeñar el puesto".

Similar resulta la definición ofrecida por DUCCESCHI (PUCHOL, 1993): "proceso de determinar, mediante observación y estudio, los elementos componentes de un trabajo específico, la responsabilidad, capacidad y los requisitos físicos y mentales que el mismo requiere, los esfuerzos y riesgos que comporta y las condiciones ambientales en las que se desenvuelve".

El análisis y descripción de puestos de trabajo es una herramienta básica para toda la Gestión de Recursos Humanos. Permite aclarar los cometidos de los individuos y sus aspectos colectivos, permite controlar la carga laboral y su evolución de manera que se pueda actuar sobre los calificadores, las decisiones técnicas y los equilibrios de la organización.

### **Consideraciones generales:**

- Respecto a su procedencia podemos afirmar que el análisis de los puestos de trabajo nace y se desarrolla en el ámbito de la teoría y de las técnicas de la Organización Científica del Trabajo. Esta escuela del pensamiento organizativo propugna la racionalización del centro de trabajo como vía principal para la maximización del

rendimiento de los trabajadores. El núcleo de esta corriente estaba constituido por el estudio organizado del trabajo, posterior análisis hasta conseguir reducirlo a sus elementos más simples y la mejora sistemática del rendimiento del trabajador con relación a cada uno de estos elementos.

- El análisis de los puestos de trabajo es un proceso objetivo, en la medida en que no tiene en consideración a la persona que ocupa el puesto de trabajo, sino al puesto en sí. Aparece entonces el peligro que acecha a todo analista de puestos: perder la orientación y concentrarse en el titular del puesto de trabajo en lugar de hacerlo en el propio puesto. Esta circunstancia también está presente en el proceso de valoración de los puestos de trabajo.
- Los puestos, curiosamente, son considerados como una posesión personal por parte de sus ocupantes y ello unido al inevitable egocentrismo presente en la interpretación de las percepciones individuales induce a los empleados a considerar este proceso como una intromisión territorial molesta.
- El puesto de trabajo determina en gran medida el rol que las personas juegan en las organizaciones. Esto hace que se espere un determinado comportamiento en un individuo por el simple hecho de ocupar un determinado puesto de trabajo.
- El puesto de trabajo es el principal nexo de unión entre los empleados y la organización. Efectivamente, este vínculo permite a los individuos realizar aportaciones para con su organización, al tiempo que les permite recibir las recompensas pertinentes. Estas recompensas pueden ser intrínsecas (satisfacción respecto al trabajo realizado, sentimientos de logro, etc.) y extrínsecas (promociones y remuneraciones principalmente). Hágase constar en este momento que la remuneración continúa ocupando un lugar ciertamente privilegiado entre los instrumentos de motivación de que disponen las organizaciones, y que es precisamente el puesto de trabajo ocupado uno de los principales determinantes del montante económico recibido por tal concepto.
- Las organizaciones pueden ser entendidas como conjuntos de personas que desempeñan puestos de trabajo o como conjuntos de puestos de trabajo que son ocupados por personas. En consecuencia, el tándem persona-puesto de trabajo es el que caracteriza a una organización de forma similar a como el tándem producto-mercado caracteriza la estrategia desplegada.
- Como última de las reflexiones apuntadas debemos señalar que la figura del puesto de trabajo es el principal referente de la gestión de carreras. Por tanto, los individuos y las

organizaciones evaluarán esta faceta a partir de la relación de puestos de trabajo desempeñados durante el historial profesional de los empleados.

Los términos “Análisis de puestos de trabajo”, “Descripción de puestos de trabajo” y “Especificaciones o requisitos del puesto de trabajo” son habitualmente utilizados indistintamente; por lo que conviene establecer, al menos de forma teórica, una diferenciación conceptual:

- **Análisis de puestos de trabajo:** Procedimiento de obtención de información acerca de los puestos: su contenido y los aspectos y condiciones que los rodean.
- **Descripción de puestos de trabajo:** Documento que recoge la información obtenida por medio del análisis, quedando reflejada de este modo, el contenido del puesto, así como las responsabilidades y deberes inherentes al mismo.
- **Especificaciones del puesto de trabajo:** Está relacionado con los requisitos y calificaciones personales exigidos de cara a un cumplimiento satisfactorio de las tareas: nivel de estudios, experiencia, características personales, etc. Estos requisitos emanan de forma directa del análisis y descripción del puesto.

#### **Objetivos y posibles usos:**

Reclutamiento: El análisis y descripción de puestos de trabajo proporciona información sobre las características que debe poseer el candidato/a a ocupar el puesto de trabajo y por tanto resulta de utilidad a la hora de determinar las fuentes de reclutamiento, esto es, aquellos lugares, centros, etc., donde es más probable que encontremos suficiente número de personas que se ajustan a los requisitos exigidos.

Selección de Personal: El análisis y descripción de puestos de trabajo proporciona datos suficientes para elaborar el perfil profesiográfico o profesiograma en el que se especifican las características y requisitos tanto profesionales como personales que debe cumplir el candidato para desarrollar de forma adecuada las tareas y actividades propias del puesto. Esta información guiará la elección de la batería de pruebas psicológicas que se utilizará para medir las características aptitudinales y de personalidad que buscamos. También servirá de guía para la entrevista de selección y para los distintos procedimientos selectivos que se utilicen: dinámicas de grupo, assessment center, etc.

Formación: Comparando el ajuste existente entre los requisitos exigidos por el puesto y los conocimientos, aptitudes y características que aporta el candidato, podremos determinar la existencia de posibles desajustes que indiquen la necesidad de desarrollar acciones formativas encaminadas a subsanar las carencias y potenciar los aspectos positivos. De

esta forma, una vez detectada la necesidad podremos diseñar e implementar los planes de formación más adecuados.

Evaluación del desempeño: Dado que la descripción de puestos nos indica las tareas, actividades, deberes y obligaciones de las que es responsable la persona que ocupa el cargo, dicha descripción nos servirá para determinar hasta qué punto la persona está desarrollando un rendimiento acorde a lo exigido por el puesto. Esto cobra especial relevancia si se está utilizando un procedimiento de evaluación por objetivos o por valores.

Valoración de Puestos: El análisis y descripción de puestos de trabajo constituye la herramienta básica a partir de la cual se determina el sistema de valoración de puestos a utilizar. Sin el análisis de puestos de trabajo no resultaría posible la posterior realización de la valoración, procedimiento mediante el que se pretende determinar el valor relativo de los distintos puestos que componen una organización. Esto se hace de cara al establecimiento de sistemas retributivos más justos y equitativos.

Otras Finalidades en las que contribuye o participa:

- Administración de salarios
- Seguridad e higiene del trabajo
- Planes de carrera
- Mejora de la comunicación entre el personal de la organización y otras.

A partir del ADPT se elabora el Profesiograma de cargos que constituye el documento que sintetiza los principales requerimientos y exigencias que debe poseer el ocupante del puesto.

En la descripción se detallan:

"Qué hacen" los trabajadores: Tareas, funciones o actividades que ejecutan en el desempeño del puesto.

"Cómo lo hacen": Recursos que utilizan, métodos que emplean, manera como ejecutan cada tarea.

"Para qué lo hacen": Objetivos que pretenden conseguir, propósito de cada tarea.

Junto a esto se han de especificar los requisitos y cualificaciones necesarias para que el trabajador realice las tareas con una cierta garantía de éxito.

Para llevar a cabo esta tarea pueden ser consideradas diversas categorías:

- Identificación del puesto de trabajo.

Cada puesto de trabajo existente en la organización debería ser identificado con un código y, además, dicho código debería ser representativo de las características más relevantes del propio puesto. Uno de los datos que puede incluir el código es, por ejemplo, la clave del

departamento, y el número de personas que lo componen. En esta identificación también pueden figurar datos que son conocidos a priori, tales como la fecha del análisis (es de utilidad para posteriores análisis de puestos de trabajos, ya que se observa lo actualizado o desfasado del análisis); datos de la persona que realizó el análisis (sirve para contrastar la calidad del analista a medio plazo); la localización respecto al organigrama (incluye el departamento, división, turno...); la jerarquía o lugar dentro de la escala de autoridad en que se halla el puesto de trabajo; nombre del supervisor o persona que ejerce autoridad directa sobre el puesto. La identificación del puesto de trabajo, además, puede hacer referencia a la localización física o geográfica del puesto, rango retributivo que le corresponde, tipo de relación contractual asignada.

- Sumario o misión del puesto de trabajo.

El sumario o la misión del puesto de trabajo se presenta como un pequeño párrafo (no más de cinco líneas) en el cual se describe la esencia del puesto; es por ello que enfatiza la función o funciones más comunes, el output principal a que da lugar y el objetivo del puesto. En definitiva, permite clarificar la razón de ser del puesto de trabajo dentro de la organización.

- Relaciones.

En este apartado se detallan las relaciones que, por el mero hecho de ocupar un puesto de trabajo, el titular ha de mantener. Estas relaciones pueden estar referidas a actores internos (compañeros directos, superiores, empleados de otras unidades, subordinados, etc.) como a actores externos (proveedores, suministradores, clientes, entidades financieras, instituciones sociales, etc.).

- Responsabilidades y obligaciones.

Normalmente este ítem es presentado bajo forma de listado en el cual se enumeran las principales obligaciones que entraña el puesto de trabajo en cuestión. También es frecuente que, tras cada obligación, aparezca un porcentaje que hace referencia a la cantidad de tiempo relativa que es invertida en el desempeño de cada una de éstas.

Este ítem constituye el corazón de la descripción del puesto de trabajo. Su intención es la de ofrecer al titular del puesto un completo y preciso conocimiento del contenido de su trabajo.

- Autoridad.

En este apartado se hace alusión a los límites que pueden ser fijados respecto al poder en el proceso de toma de decisiones del que gozará el ocupante del puesto, incluyendo las responsabilidades de supervisión y las limitaciones presupuestarias que habrá de respetar.



- Estándares de desempeño.

Algunos autores también entienden y por ello sostienen que el análisis de puestos de trabajo permite el establecimiento de los niveles de desempeño aceptables o estándares de desempeño. Este subproducto tiene dos propósitos fundamentales: ofrecer a los empleados pautas objetivas susceptibles de ser usadas para su retroalimentación y dotar a los supervisores y directivos de un instrumento imparcial para la medición o valoración del desempeño de sus subordinados.

- Condiciones de trabajo.

Por último, es aconsejable presentar una relación de las principales características del ambiente físico en el que se ha de desenvolver el titular en el desempeño de su puesto de trabajo. Nos estamos refiriendo a las condiciones de luz, humedad, ruido, temperatura, ventilación, contaminación, carácter cerrado/abierto, etc.

### **Conclusiones generales de la clase:**

#### **Generalización de los contenidos orientados:**

Teniendo en cuenta las definiciones ofrecidas en la conferencia sobre división del trabajo, cooperación del trabajo, análisis y descripción de puestos de trabajo, crear la definición propia para cada uno de los estudiantes.

#### **Orientación del trabajo independiente:**

Realizar una búsqueda en internet por diferentes autores de las definiciones estudiadas en la clase y entregar por equipo:

- División del trabajo.
- Cooperación del trabajo.
- Análisis de puestos de trabajo.
- Descripción de puestos de trabajo.

### **Bibliografía:**

Marsan, J. y colectivo de autores. Ingeniería de Métodos.

Kanawaty, G., Introducción al Estudio del Trabajo.

### **Nexo- motivación de la próxima clase:**

A partir de la próxima clase profundizaremos el análisis y descripción de puestos de trabajo haciendo énfasis en el estudio de métodos en puestos manuales y mecánicos manuales, es decir, puestos móviles.

**Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez"**

**Facultad de Ingeniería**

**Departamento Ingeniería Industrial**

**Seminario No.2: Modalidad a distancia.**

**Tema III: Estudio de métodos en puestos de trabajo.**

Se debe entregar por equipos, de manera escrita o digital. Fecha de entrega antes de la próxima clase.

Se aceptan los trabajos hasta la 1: 00 pm

**Actividades a realizar:**

1. Teniendo en cuenta la conferencia de puestos de trabajo:
  - Escoger un puesto, caracterizarlo y clasificarlo según los criterios de clasificación impartidos en la clase.

**Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez"**

**Facultad de Ingeniería**

**Departamento Ingeniería Industrial**

**Asignatura: Organización de Procesos y puestos.**

**Tema III:** Continuación. Estudio de métodos en puestos manuales y mecánico manuales (puestos móviles).

**Conferencia 10.**

**Sumario:**

1. Estudio de métodos en puestos manuales y mecánico manuales (puestos móviles).

**Introducción:**

Control de asistencia.

**Rememoración de contenidos del tema anterior:**

- Abordar la división y cooperación del trabajo, así como el análisis y descripción de puestos de trabajo.

**Aclaración de dudas y consolidación del tema anterior:**

Tener en cuenta los objetivos de la clase anterior:

3. Definir los elementos principales de la división y cooperación del trabajo.
4. Desarrollar el análisis y descripción de puestos de trabajo.

**Control del estudio independiente y evaluación:**

Debatir la búsqueda en internet relacionada con cada uno de los conceptos ofrecidos en la clase anterior por cada uno de los equipos.

**Introducción - Motivación: Planteamiento del problema a resolver en la clase.**

En el estudio de los métodos de trabajo se presentan casos en que el ejecutante no realiza su labor en un lugar o puesto de trabajo fijo, sino que efectúa movimientos de un sitio a otro como parte de su labor, tales como ayudantes, dependientes, etc.

Tales situaciones son bastante comunes y para el caso de que los trabajos sean repetitivos se han diseñado técnicas que permiten analizar y racionalizar el tiempo de trabajo de este tipo de actividades.

**Planteamiento de los objetivos:**

1. Analizar el estudio de métodos en los puestos móviles.

**Desarrollo:**

1. El estudio de los métodos de trabajo en los procesos manuales y mecánico manuales en que el ejecutante se mueve de un lugar a otro mientras realiza el trabajo.



**Tabla 1.1: Símbolos para la construcción de los diagramas del trabajador en el proceso.**

| Símbolo                                                                           | Denominación | Usado para representar                                                                                                                                  |
|-----------------------------------------------------------------------------------|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Operación    | El hacer algo en un lugar                                                                                                                               |
|  | Inspección   | Una forma especial de operación que implica que el trabajador compare un atributo de un producto con un estándar, o bien verifique la cantidad presente |
|  | Movimiento   | Un cambio de posición; moverse de un lugar a otro                                                                                                       |
|  | Demora       | Esperando o moviéndose, siempre que el movimiento no sea una parte del trabajo y el tiempo podría haberse ocupado esperando                             |

Las dos primeras actividades, operaciones e inspecciones, se refieren al trabajo realizado en un lugar.

El tercer tipo de actividad, movimiento, es afectado por la distribución del área de trabajo, pero también está influenciado por la secuencia.

El cuarto tipo de actividad, demora, es usualmente indeseable y debe eliminarse en lo posible, a menos que se aproveche en el régimen de trabajo y descanso establecido para proporcionar reposo al trabajador y permitirle recuperarse de la fatiga.

### **Tipos de trabajo**

Pueden ser encontrados tres tipos generales de trabajo, cuando se aplican diagramas del trabajador en el proceso:

#### **a) El trabajo tiene un ciclo sencillo y repetido.**

En tales casos será esquematizado un ciclo sencillo, definiéndose el ciclo como el conjunto de todas las actividades necesarias para llevar una unidad del producto al estado de terminación típica del proceso o bien todas las actividades típicas de un desarrollo sencillo de la tarea. En el ejemplo 1.1 se desarrolla un trabajo de este tipo.

#### **b) El trabajo es cíclico, pero existen varios subciclos desarrollados con frecuencia diferente.**

Por ejemplo, el trabajador puede desarrollar el subciclo A en cada parte y después el subciclo B para cada diez partes juntas, ocurriendo el subciclo B una décima parte de las veces que ocurre A. En tal caso deberá confeccionarse un diagrama que no solamente muestre las actividades del ciclo, sino también su frecuencia. El ejemplo 1.2, que trata sobre el envase de hielo picado en una planta, ilustra el procedimiento en este tipo de trabajo.

### **c) El trabajo varía de ciclo a ciclo.**

En este caso pueden presentarse dos subtipos fundamentales, de acuerdo con las causas de variación.

c.1) En algunos casos la variación puede deberse principalmente a los hábitos del trabajador y no ser inherente al trabajo; por consiguiente, el organizador debe elaborar varios ciclos para obtener más material a partir del cual desarrollar un ciclo de trabajo típico o preferente.

c.2) La variación puede ser inherente al trabajo y cada desarrollo subsiguiente puede diferir en detalle, pero no en su patrón general. En tal caso se trazan ciclos de muestra para estudiarlos con el ciclo patrón, haciendo notar los detalles que pueden cambiar. Se debe prestar atención sobre una base ponderada a los factores que controlan la variación. El ejemplo 1.3 se refiere a este tipo de trabajo.

#### **Algunas indicaciones generales para la confección del diagrama del trabajador en el proceso.**

Como el diagrama del trabajador en el proceso se refiere a un ejecutante, los símbolos son ubicados sucesivamente en forma columnar.

De acuerdo con las necesidades y grado de profundización del estudio que se realiza, pueden confeccionarse distintas variantes del diagrama sobre la base de la cantidad de columnas que se habilitan en el modelo. La variante más sencilla, que sólo recoge la información básica, debe tener por lo menos tres columnas: la columna para las distancias, la columna para los símbolos y la columna para las descripciones.

En otra variante se añade además una columna para el tiempo de duración de las actividades.

Como puede existir variabilidad en los tiempos de duración entre los diferentes ciclos, siempre deben registrarse tiempos medios. Las reglas establecidas en la formación del trabajo para el cronometraje pueden servir de guías para el establecimiento del tamaño de muestra necesario para garantizar un tiempo medio con la exactitud y confiabilidad que se desean.

También pueden elaborarse variantes con las cuatro columnas anteriormente citadas y otras columnas para análisis específicos tales como equipos (en los que se especificarán los equipos que intervienen en las operaciones), costos por cada actividad, etc.

- **Diagrama de recorrido del trabajador**

Otra de las técnicas de registro que suelen ser utilizadas para la toma de información en estos casos es el diagrama de recorrido del trabajador. Para su confección puede utilizarse

un modelo como el que aparece en la figura 1.2. El mismo consiste en un plano a escala del puesto de trabajo, donde se dibujan los equipos, mesas, estantes, etc, que lo componen y se traza el recorrido que sigue el trabajador en la ejecución de su trabajo.

|                                  |                                     |
|----------------------------------|-------------------------------------|
| Fábrica:                         | Taller:                             |
| Proceso:                         | Trabajador:                         |
| Actual: <input type="checkbox"/> | Propuesto: <input type="checkbox"/> |
| Fecha:                           | Confeccionado por:                  |
| <div> <div>Escala</div> </div>   |                                     |

**Figura 1.2:** Diagrama de recorrido del trabajador.

- **Diagrama de hilos o hilograma.**

Hay muchas clases de labores en la industria y los servicios en que los trabajadores se desplazan a intervalos irregulares entre varios puntos de la zona de trabajo.

En algunos casos, sobre todo cuando los desplazamientos son muchos y variados, teniendo extraordinaria importancia sobre el rendimiento laboral del trabajador, resulta conveniente registrar y analizar este género de tareas mediante el diagrama de hilos.

El diagrama de hilos es un gráfico a escala en el que se trazan en general, mediante un hilo, los movimientos efectuados en una zona determinada, durante cierto período, con el fin de demostrar la frecuencia de los mismos entre los diversos puntos y para determinar la distancia recorrida.

En general, el principal uso de los diagramas de hilos es analizar los desplazamientos en las siguientes circunstancias:

- Cuando una cuadrilla está trabajando.
- Cuando un trabajador está atendiendo a varias máquinas.
- Cuando se suministra o se retira material en un proceso continuo, depositándolo en la zona del mismo.
- Cuando los obreros indirectos entregan material para el servicio de una serie de máquinas o puestos de trabajo, o retiran subproductos, producción en proceso o productos terminados de los mismos.
- En procesos donde varios submontajes tienen que ser unidos a otros montajes.
- Donde el proceso requiere que el trabajador se mueva constantemente de un sitio de trabajo a otro.
- Para comprobar los valores relativos de diferentes disposiciones. En este caso las rutas alternativas para lograr los mismos fines se miden y se comparan en cada disposición.

#### **Recomendaciones para su construcción:**

Una vez que se ha establecido la necesidad de su construcción, se procede a la misma, partiendo de la observación directa.

En el caso de que el trabajo sea de ciclo sencillo repetido, debe registrarse un ciclo de trabajo; si hay subciclos de frecuencia diferente debe observarse una cantidad suficiente de ciclos que permitan determinar éstos. En los casos en que los desplazamientos sean muy variables deberá extenderse la observación a la mitad o a la jornada de trabajo completa, u otro período de tiempo apropiado.





El organizador del trabajo deberá observar el objeto de su estudio conforme éste se traslade de un lugar a otro para realizar sus tareas.

Podrá observarlo sin necesidad de moverse cuando la zona de trabajo sea pequeña, de manera que la abarque toda desde su punto de observación, donde anotará sucesivamente todos los puntos hacia los que se mueve el trabajador y los tiempos de salida y llegada cuando las distancias a recorrer sean largas. Puede ahorrarse mucho tiempo en anotaciones si se emplean números o letras para designar las máquinas, puestos de trabajo u otros recorridos.

Una vez concluida la observación, deberá hacerse un plano a escala de la zona de trabajo, semejante al del diagrama de recorrido del trabajador (puede utilizarse el mismo plano). Se dibujarán a escala las máquinas, los bancos y todos los puntos de recorrido, así como también puertas, paredes y columnas que puedan obstruir las rutas de movimiento. Una vez terminado el plano, se fija en madera blanda o en un cartón, hincando alfileres firmemente en cada punto de parada o de cambio de dirección.

Seguidamente, se toma un hilo de longitud conocida, que se fija al alfiler que señala el punto de partida de los movimientos. Luego se pasa el hilo en torno a los alfileres que marcan los demás puntos del recorrido, siguiendo el orden de la hoja de registro, hasta cubrir todos los movimientos.

De esta forma es posible registrar en el diagrama cualquier número de recorridos entre cualquier número de puntos.

Si se requiere hacer varios estudios de la misma tarea en diferentes condiciones, cada diagrama puede ser fotografiado tan pronto como se completa. Después que se han obtenido otras informaciones pertinentes, el hilo y los alfileres que así lo requieran pueden ser removidos y el plano queda listo para usarlo en el próximo estudio.

Usando hilos de diferentes colores, los diagramas pueden ser preparados para mostrar el movimiento de diferentes trabajadores que se encuentren dentro de la misma área general representada.

Una de las características más valiosas del diagrama de hilos es la forma que hace posible que sea calculada la distancia total recorrida. Como se recordará, se midió el hilo antes de hacer el diagrama; si medimos ahora la parte no utilizada y se la restamos a longitud total, tendremos la cantidad utilizada. Esta representa a escala, la distancia recorrida por el trabajador.

El análisis del diagrama y el diseño de la nueva disposición puede efectuarse seguidamente, utilizando plantillas y moviendo éstas y los alfileres de un lado para otro,

hasta hallar una disposición que permita llevar a cabo las operaciones con el mínimo de movimientos.

El diagrama de hilos es un medio valioso para explicar al personal dirigente y a los trabajadores los cambios propuestos. Si se hacen dos hilogramas; uno con la disposición original y otro con la perfeccionada, el contraste será bien marcado y no será difícil convencer a todos de las ventajas del cambio. Los trabajadores mostrarán particular interés por el resultado de estos estudios y por conocer la distancia que tienen que andar en su trabajo y las propuestas tendientes a reducir el esfuerzo individual suelen ser bien recibidas.

## **2. Análisis y racionalización.**

La presentación gráfica alcanzada a través de un diagrama del trabajador en proceso y del diagrama de recorrido del trabajador es de gran ayuda para la comprensión de lo que viene sucediendo en el mismo.

Este es el principal propósito que tiene el registro mediante estas técnicas, dando lugar a lo que denominamos el método o procedimiento Original o Actual.

El trabajo objeto de estudio debe ser entonces racionalizado mediante la incorporación de la experiencia de avanzada, debiéndose analizar y emplear los principios de la Organización del Trabajo que resulten aplicables.

Esta tarea conducirá a un método más racional que será registrado en un nuevo diagrama, que denominaremos Proyectado o Propuesto. Como guía para la ejecución del análisis puede usarse la siguiente lista de comprobación:

### **Lista de comprobación para el diagrama del trabajador en el proceso:**

#### **Principios básicos:**

- a) Eliminar todas las actividades posibles.
- b) Combinar actividades.
- c) Abreviar actividades.
- d) Colocar en mejor secuencia.
- e) Hacer cada actividad tan económica como sea posible.
  - 1. ¿Puede alguna operación ser eliminada, combinada, abreviada o hecha más fácilmente?
    - a) Por ser innecesaria.
    - b) Cambiando el orden del trabajo.
    - c) Mediante equipo nuevo o diferente.
    - d) Mediante cambios de la distribución: agrupando mejor los equipos.
    - e) Cambiando la forma de cómo se fabrica el producto.

- f) Mediante mayor calificación del trabajador.
2. ¿Puede cualquier actividad ser eliminada, combinada, abreviada o hecha más fácilmente?
- a) Dejando fuera operaciones.
  - b) Cambiando los sitios donde se guardan las cosas.
  - c) Cambiando algunas operaciones hacia otros trabajos dentro de los cuales se encajen más convenientemente.
  - d) Cambiando la distribución.
  - e) Cambiando el equipo.
  - f) Cambiando el orden de trabajo.
3. ¿Pueden las demoras ser eliminadas o abreviadas?
- a) Cambiando el orden de trabajo.
  - b) Cambiando la distribución.
  - c) Mediante mejoras en el equipamiento.
4. ¿Las inspecciones pueden ser eliminadas, combinadas, abreviadas o hechas más fácilmente?
- a) Observando si son realmente necesarias; qué sucede después que se efectúan y qué información se obtiene.
  - b) Considerando si proporcionan duplicidad innecesaria.
  - c) Considerando si pueden ser desarrolladas más convenientemente por otra persona.
  - d) Si se están haciendo en el mejor punto de la secuencia.
  - e) Si puede emplearse inspección por muestreo o control estadístico.

### **Ejemplos:**

La utilización del diagrama del trabajador en el proceso, del diagrama de recorrido y del diagrama de hilo puede ser mejor comprendida mediante el estudio de ejemplos seleccionados que se exponen a continuación:

#### **Ejemplo 1.1: Inspección de alambre (trabajo en ciclo sencillo).**

En una fábrica de alambre de cobre se realiza un estudio para implantar mejoras en la organización del trabajo; el estudio de la división y cooperación del trabajo indica que el trabajo es necesario que se realice con una mejor secuencia y al analizar las posibilidades de racionalización, vemos la conveniencia de mejorar los métodos y la organización del puesto de trabajo.

Del trabajo se hicieron observaciones y se seleccionó una iniciación adecuada para un ciclo. El diagrama se confeccionó sólo con las tres columnas básicas: distancia, símbolos y

explicación o descripción. El organizador del trabajo procedió a registrar las actividades en el diagrama hasta esquematizar un ciclo completo e igualmente elaboró un diagrama de recorrido del trabajador (ver figura 1.5 y 1.6).

Con la ayuda de la lista de comprobación se procedió al análisis y racionalización de la tarea. En este caso el organizador encontró útiles las preguntas 1, inciso a); 2, inciso b) y 2, inciso c).

A cada una de dichas preguntas se dio la siguiente respuesta:

- 1 a) Evitar el corte innecesario de alambre que no ayuda a la tarea.
- 2 b) Colocar el bote de desperdicios lo más cerca posible del inspector, haciéndolo parte integral de la mesa de inspección, para evitar un viaje extra con cada pieza de desperdicio.
- 2 c) Hacer portátiles los dispositivos para la inspección en tal forma que el inspector pueda llevarlos durante su trabajo. Como es necesario un banco de trabajo, al mismo deben colocársele ruedas.

El nuevo método propuesto fue desarrollado sobre la base del análisis realizado (ver figura 1.7 y 1.8). Según se observa en el resumen del diagrama propuesto, las tareas del inspector fueron reducidas considerablemente. Los ahorros podrían ser usados para darle más máquinas a comprobar sin aumentar el esfuerzo, o para permitirle efectuar más comprobaciones por máquinas o bien para hacer un trabajo de inspección más cuidadoso.

|                                                                                        |         |                                                                             |         |        |           |        |
|----------------------------------------------------------------------------------------|---------|-----------------------------------------------------------------------------|---------|--------|-----------|--------|
| Diagrama No.                                                                           |         | Hoja No.                                                                    | Resumen |        |           |        |
| Producto:                                                                              |         |                                                                             | Método  | Actual | Propuesto | Mejora |
| Operación: Inspeccionar alambre de cobre estirado                                      |         |                                                                             | ○       | 7      |           |        |
| Método actual: <input checked="" type="checkbox"/> Propuesto: <input type="checkbox"/> |         |                                                                             | □       | 1      |           |        |
| Obrero:                                                                                |         |                                                                             | ⇒       | 5      |           |        |
| Confeccionado por:                                                                     |         | Fecha:                                                                      | D       | 0      |           |        |
| Distancia                                                                              | Símbolo | Descripción                                                                 |         |        |           |        |
| 7 m                                                                                    | ⇒       | Al siguiente carrete acabado                                                |         |        |           |        |
|                                                                                        | ○       | Toma el carrete                                                             |         |        |           |        |
| 7 m                                                                                    | ⇒       | Al banco de inspección                                                      |         |        |           |        |
|                                                                                        | ○       | Coloca el carrete en el banco                                               |         |        |           |        |
|                                                                                        | ○       | Desenrolla y corta la capa exterior, la cual siempre se daña en el estirado |         |        |           |        |
| 4.5 m                                                                                  | ⇒       | Al recipiente de desperdicio                                                |         |        |           |        |
|                                                                                        | ○       | Coloca el desperdicio                                                       |         |        |           |        |
| 4.5 m                                                                                  | ⇒       | A la mesa de inspección                                                     |         |        |           |        |
|                                                                                        | ○       | Corta 60 cm de un extremo y toma una muestra de 5 cm de la pieza de 60 cm   |         |        |           |        |
|                                                                                        | □       | Mide diámetro externo con caja micrométrica                                 |         |        |           |        |
|                                                                                        | ○       | Levanta el carrete                                                          |         |        |           |        |
|                                                                                        | ⇒       | Al estante de carretes inspeccionados                                       |         |        |           |        |
| 7 m                                                                                    | ○       | Coloca el carrete                                                           |         |        |           |        |

**Figura 1.5.** Diagrama del trabajador en el proceso (Actual).

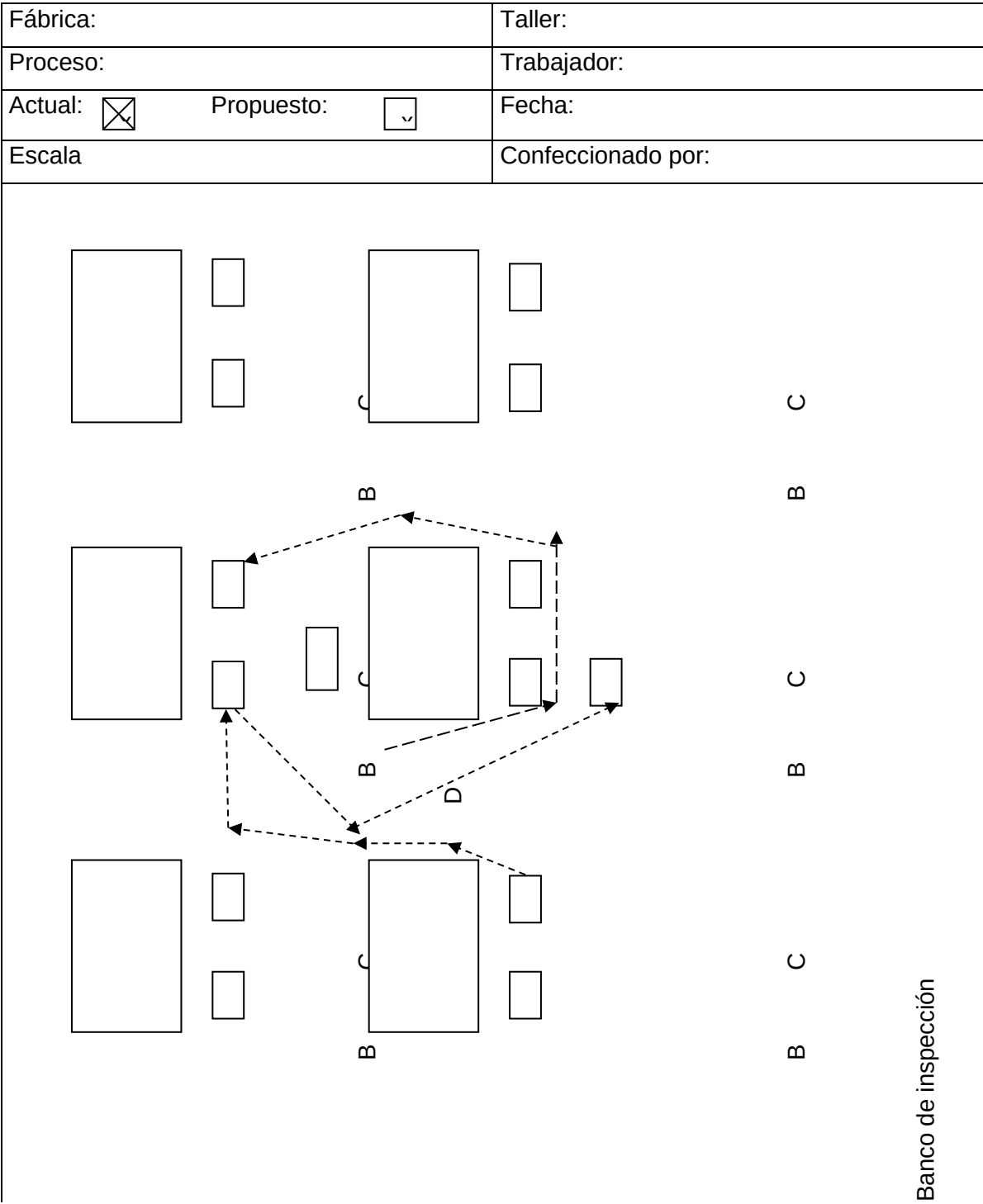


Figura 1.6. Diagrama de recorrido del trabajador (Actual).

| Diagrama No.                                                                                     |                                                                                     | Hoja No.                                                                                     | Resumen                                                                           |        |           |        |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|--------|-----------|--------|
| Producto:                                                                                        |                                                                                     |                                                                                              | Método                                                                            | Actual | Propuesto | Mejora |
| Operación: Inspeccionar alambre de cobre estirado                                                |                                                                                     |                                                                                              |  | 7      | 6         | 1      |
| Método actual:  |                                                                                     | Propuesto:  |  | 1      | 1         | 0      |
| Obrero:                                                                                          |                                                                                     |                                                                                              |  | 5      | 2         | 3      |
| Confeccionado por:                                                                               |                                                                                     |                                                                                              |  | 0      | 0         | 0      |
| Fecha:                                                                                           |                                                                                     |                                                                                              | Dist                                                                              | 30     | 6         | 23     |
| Distancia                                                                                        | Símbolo                                                                             | Descripción                                                                                  |                                                                                   |        |           |        |
| 6 m                                                                                              |    | Al siguiente carrete terminado con banco móvil                                               |                                                                                   |        |           |        |
|                                                                                                  |    | Toma el carrete                                                                              |                                                                                   |        |           |        |
|                                                                                                  |   | Coloca el carrete en el banco                                                                |                                                                                   |        |           |        |
|                                                                                                  |  | Desenrolla y corta la capa exterior, la cual siempre se daña en el estirado                  |                                                                                   |        |           |        |
|                                                                                                  |  | Coloca el desperdicio en recipiente móvil                                                    |                                                                                   |        |           |        |
|                                                                                                  |  | Mide diámetro extremo con caja micrométrica.                                                 |                                                                                   |        |           |        |
| 1 m                                                                                              |  | Al estante de carretes inspeccionados                                                        |                                                                                   |        |           |        |
|                                                                                                  |  | Coloca el carrete.                                                                           |                                                                                   |        |           |        |

**Figura 1.7.** Diagrama del trabajador en el proceso (Propuesto).



|                                                                                 |                    |
|---------------------------------------------------------------------------------|--------------------|
| Fábrica:                                                                        | Taller:            |
| Proceso:                                                                        | Trabajador:        |
| Actual: <input checked="" type="checkbox"/> Propuesto: <input type="checkbox"/> | Fecha:             |
| Escala                                                                          | Confeccionado por: |

**Figura 1.8.** Diagrama de recorrido del trabajador (Propuesto).

Después de la fecha de aplicación experimental y entrenados debidamente los inspectores, se hizo un estudio de tiempo para evaluar el nuevo método, el cual dio por resultado que el mismo tomaba solamente el 52% del tiempo del método original.

### Ejemplo 1.2: Envase de hielo picado (trabajo con subciclo).

Este estudio fue hecho en una planta de hielo. El hielo picado se utiliza para distintos usos en bares y restaurantes. Se prepara en un cuarto lo suficientemente frío para prevenir que se aglomeren los pequeños pedazos. Se envasaba de la descarga de una tolva en depósitos de 22.7 Kg. (50 libras), atados con alambre en la punta.

El método original se muestra en la figura 1.9 y tiene cuatro subciclos: A, B, C y D.

El llenado del saco (subciclo A) se desarrollaba en cada una de las 10 bolsas, antes de que el trabajador desarrollara el subciclo B, que ocurría solamente una vez cada diez bolsas. El trabajador entonces desarrollaba el subciclo C, diez veces y después el subciclo D, una vez por las diez bolsas.

Al modelo utilizado para recoger la información se le agregó una columna adicional para proporcionar un lugar para identificar los subciclos y para indicar su frecuencia de ocurrencia. Se han usado dos columnas de distancia y tiempo, una para indicar el tiempo para cada actividad y una para indicar la distancia prorrateada o el tiempo por bolsa.

| Diagrama No.                                                                           |       |                          | Hoja No. |                       | Resumen por bolsa |                |                    |        |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-------|--------------------------|----------|-----------------------|-------------------|----------------|--------------------|--------|
|                                                                                        |       |                          |          |                       | Método            | Actual         | Prop.              | Mejora |
| Producto:                                                                              |       |                          |          |                       | ○                 | 5.3            |                    |        |
| Operación: Envase de hielo picado                                                      |       |                          |          |                       | □                 |                |                    |        |
| Método actual: <input checked="" type="checkbox"/> Propuesto: <input type="checkbox"/> |       |                          |          |                       | ⇒                 | 3.3            |                    |        |
| Obrero:                                                                                |       |                          |          |                       | D                 | 0              |                    |        |
| Confeccionado por:                                                                     |       |                          |          |                       | Dist. prom        | 8.7m           |                    |        |
| Fecha:                                                                                 |       |                          |          |                       | Tiempo            | 41.8 seg       |                    |        |
| Dist.<br>p/ bolsa                                                                      | Dist. | Identif. y<br>frecuencia | Símb.    | Descripción           |                   | Tiempo<br>Seg. | Tiempo<br>P/ bolsa |        |
|                                                                                        |       | A                        |          |                       |                   |                |                    |        |
| 3.3 m                                                                                  | 3.3   | 1/ bolsa                 | ⇒        | A bolsa vacía         |                   | 3              | 3                  |        |
|                                                                                        |       | Hacer 10                 | ○        | Levantar bolsa        |                   | 1              | 1                  |        |
| 0.9 m                                                                                  | 0.3   |                          | ⇒        | A la boca de la tolva |                   | 1              | 1                  |        |
|                                                                                        |       |                          | ○        | Coloca y llena bolsa  |                   | 14             | 14                 |        |
| 3.3                                                                                    | 3.3   |                          | ⇒        | A almacén con bolsa   |                   | 4              | 4                  |        |
|                                                                                        |       |                          | ○        | Coloca bolsa          |                   | 1              | 1                  |        |

|     |     |                     |   |                                           |   |     |
|-----|-----|---------------------|---|-------------------------------------------|---|-----|
|     |     | B                   |   |                                           |   |     |
| 0.4 | 4   | 1/10 bolsa          | ➡ | A un lado de la sección lejana            | 4 |     |
|     |     | Hacer 1             | ○ | Aparta guantes, levanta hileras y alambre | 6 | 1.8 |
|     | 4 m |                     | ➡ | Al área de almacenaje                     | 4 |     |
|     |     |                     | ○ | Coloca herramientas                       | 4 |     |
|     |     | C                   |   |                                           |   |     |
|     |     | 1/bolsa<br>Hacer 10 | ○ | Dobla parte superior de la bolsa          | 5 | 5   |
|     |     | D                   |   |                                           |   |     |
| 0.4 | 4 m | 1/10 bolsas         | ➡ | Al lado lejano de la sección              | 4 | 1   |
|     |     | Hacer 1             | ○ | Aparta herramientas y alambres            | 6 |     |

**Figura 1.9.** Diagrama del trabajador en el proceso (Actual).

El método propuesto, mostrado en la figura 1.10, requiere el 26% menos de tiempo, o en otras palabras, incremento la producción en un 35%. Este método propuesto requirió los siguientes cambios: fue necesario habilitar el puesto de trabajo con un depósito de suministros para bolsas, a la derecha de la boca de descarga de la tolva; un soporte en el centro de la bolsa que está siendo llenada y un lugar a la izquierda para atar las bolsas, con un sostén para alambres de atados y una tarima para el atador; la abertura de la tolva tuvo que ser ajustada para llenar la bolsa más lentamente y detener el llenado cuando ésta se llenaba.

| Diagrama No.                                                                           | Hoja No. | Resumen por bolsa                |          |        |               |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----------|----------------------------------|----------|--------|---------------|
|                                                                                        |          | Método                           | Actual   | Prop.  | Mejora        |
| Producto:                                                                              |          | ○                                | 5.3      | 5      | 0.3           |
| Operación: Envase de hielo picado                                                      |          | □                                |          |        |               |
| Método actual: <input type="checkbox"/> Propuesto: <input checked="" type="checkbox"/> |          | ⇒                                | 3.3      | 2      | 1.3           |
| Obrero:                                                                                |          | D                                | 0        |        |               |
| Confeccionado por:                                                                     |          | Dist. prom                       | 8.7m     | 6.6 m  | 2.1 m         |
| Fecha:                                                                                 |          | Tiempo                           | 41.8 seg | 31 seg | 10.8 seg      |
| Distancia p/ bolsa                                                                     | Símbolo  | Descripción                      |          |        | Tiempo (seg.) |
| 3.3 m                                                                                  | ⇒        | A la boca de la tolva            |          |        | 3             |
|                                                                                        | ○        | Aparta bolsa llena               |          |        | 2             |
|                                                                                        | ○        | Coloca bolsa vacía               |          |        | 4             |
|                                                                                        | ○        | Dobla parte superior de la bolsa |          |        | 5             |
|                                                                                        | ○        | Ata la bolsa                     |          |        | 12            |
| 3.3                                                                                    | ⇒        | Al área de almacenaje con bolsa  |          |        | 4             |
|                                                                                        | ○        | Coloca bolsa                     |          |        | 1             |

**Figura 1.10.** Diagrama del trabajador en el proceso (Propuesto).

**Ejemplo 1.3: Empleado de empaque (el trabajo varía de ciclo a ciclo).**

Esta aplicación ilustra el uso del diagrama del trabajador en el proceso, para un trabajo que varía en detalle de ciclo a ciclo, a pesar de que su patrón permanece constante. Este estudio fue hecho a un empacador de una tienda por departamentos, aunque existen muchos trabajos similares, por ejemplo, los empleados de embarque de una fábrica y los que transportan partes en los talleres de reparaciones.

En el método original, los empleados del almacén colocaban la mercancía solicitada en bandejas, junto con la contraseña de ventas. Estas bandejas eran colocadas en mesas móviles que eran rodadas hasta el parque de empaques, donde eran transferidas a un banco de estantes.

El ciclo registrado es el siguiente: un empacador se dirigía al estante, devolvía su última bandeja al mismo tiempo que obtenía una nueva, la llevaba hasta su banco de trabajo, empacaba la mercancía, la llevaba hasta el carro de carga, depositaba el paquete en el carro, regresaba a su banco de empaque, llevaba la bandeja y repetía la secuencia. Los detalles variaban con la cantidad y clase de artículos solicitados por la contraseña de ventas.

El diagrama del trabajador en el proceso, del método original de empaque, se muestra en la figura 1.11. La parte del trabajo que más tiempo consume está contenida dentro de la porción señalada entre paréntesis como variable y, puesto que este trabajo estaba confinado en un área sencilla y fija, la clase de análisis utilizado y mostrado no es de gran ayuda a menos que el organizador posea un grado considerable de conocimientos acerca de los movimientos. Unas sencillas mediciones de tiempo con un reloj revelaron que la parte entre paréntesis señalada como “obtener mercancías” consumía aproximadamente el 3% del tiempo total.

El método propuesto, mostrado en la figura 1.12, fue sugerido por análisis según la lista de comprobación.

Se hizo posible reubicando el banco en forma tal que las mesas rodantes (originalmente descargadas sobre los estantes de los cuales el empacador, en el método original, obtenía su material para ser empacado) podrían ahora ser rodadas a lo largo de la mesa del empacador. El carro dentro del cual se colocaban los empaques acabados fue colocado al otro lado de la mesa, eliminando la mayor parte del recorrido del método original y ahorrando aproximadamente el 10% del tiempo total del ciclo.

| Diagrama No.                                                                           |                | Hoja No. | Resumen por bolsa                    |        |       |               |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----------------|----------|--------------------------------------|--------|-------|---------------|
|                                                                                        |                |          | Método                               | Actual | Prop. | Mejora        |
| Producto:                                                                              |                |          | ○                                    | 9      |       |               |
| Operación: Empacar ventas para envío                                                   |                |          | □                                    | 1      |       |               |
| Método actual: <input checked="" type="checkbox"/> Propuesto: <input type="checkbox"/> |                |          | ⇒                                    | 4      |       |               |
| Obrero:                                                                                |                |          | D                                    | 0      |       |               |
| Confeccionado por:                                                                     |                |          | Dist. prom                           | 13.2 m |       |               |
| Fecha:                                                                                 |                |          | Tiempo                               |        |       |               |
| Distancia<br>(metros)                                                                  | Actividad      | Símbolo  | Descripción                          |        |       | Tiempo<br>(%) |
| 3                                                                                      | Toma mercancía | ⇒        | A la mesa                            |        |       | 9 %           |
|                                                                                        |                | ○        | Toma la bandeja                      |        |       |               |
| 3.6                                                                                    | Constante      | ⇒        | Al estante con la bandeja            |        |       |               |
|                                                                                        |                | ○        | Coloca la bandeja                    |        |       |               |
|                                                                                        |                | ○        | Toma siguiente bandeja               |        |       |               |
| 3.6                                                                                    |                | ⇒        | A la mesa de empaque                 |        |       |               |
|                                                                                        | Empaca         | □        | Mercancía contra contraseña de venta |        |       | 88 %          |
|                                                                                        |                | ○        | Preempacar si es necesario           |        |       |               |
|                                                                                        | Variable       | ○        | Empaca como se requiera              |        |       |               |
|                                                                                        |                | ○        | Separa contraseña de venta           |        |       |               |
|                                                                                        |                | ○        | Pone etiquetas necesarias            |        |       |               |
|                                                                                        | Aparta         | ○        | Levanta el paquete                   |        |       |               |
| 3                                                                                      | Constante      | ⇒        | Al carro                             |        |       | 3 %           |
|                                                                                        |                | ○        | Coloca paquete en el carro           |        |       |               |

**Figura 1.11.** Diagrama del trabajador en el proceso (Actual).

| Diagrama No.                         |                  | Hoja No.                 |                                      | Resumen por bolsa                   |        |       |        |   |
|--------------------------------------|------------------|--------------------------|--------------------------------------|-------------------------------------|--------|-------|--------|---|
|                                      |                  |                          |                                      | Método                              | Actual | Prop. | Mejora |   |
| Producto:                            |                  |                          |                                      | ○                                   | 9      | 7     | 2      |   |
| Operación: Empacar ventas para envío |                  |                          |                                      | □                                   | 1      | 1     | 0      |   |
| Método actual:                       |                  | <input type="checkbox"/> | Propuesto:                           | <input checked="" type="checkbox"/> | ⇒      | 4     | 2      | 2 |
| Obrero:                              |                  |                          |                                      | D                                   | 0      | 0     | 0      |   |
| Confeccionado por:                   |                  |                          |                                      | Dist. prom                          | 13.2 m | 1.5 m | 11.7   |   |
| Fecha:                               |                  |                          |                                      | Tiempo                              |        |       |        |   |
| Distancia<br>(metros)                | Actividad        | Símbolo                  | Descripción                          |                                     |        |       | Tiempo |   |
| 0.9                                  | Toma mercancía   | ⇒                        | A la mesa con la bandeja             |                                     |        |       |        |   |
|                                      |                  | ○                        | Coloca la bandeja                    |                                     |        |       |        |   |
|                                      | Constante        | ○                        | Toma siguiente bandeja               |                                     |        |       |        |   |
| 0.6                                  |                  | ⇒                        | Paso al área de empaque              |                                     |        |       |        |   |
|                                      | Empaca           | □                        | Mercancía contra contraseña de venta |                                     |        |       |        |   |
|                                      |                  | ○                        | Preempacar si es necesario           |                                     |        |       |        |   |
|                                      | Variable         | ○                        | Empaca como se requiera              |                                     |        |       |        |   |
|                                      |                  | ○                        | Separa contraseña de venta           |                                     |        |       |        |   |
|                                      |                  | ○                        | Empasta etiquetas si es necesario    |                                     |        |       |        |   |
|                                      |                  | ○                        |                                      |                                     |        |       |        |   |
|                                      | Aparta Constante |                          | Empuja paquete dentro del carro      |                                     |        |       |        |   |

**Figura 1.12.** Diagrama del trabajador en el proceso (Propuesto).

**Ejemplo 1.4: Diagrama de hilos de un auxiliar de laboratorio.**

La figura 1.13 muestra un diagrama de hilos que registra los movimientos de un auxiliar de laboratorio de una destilería al realizar su trabajo.

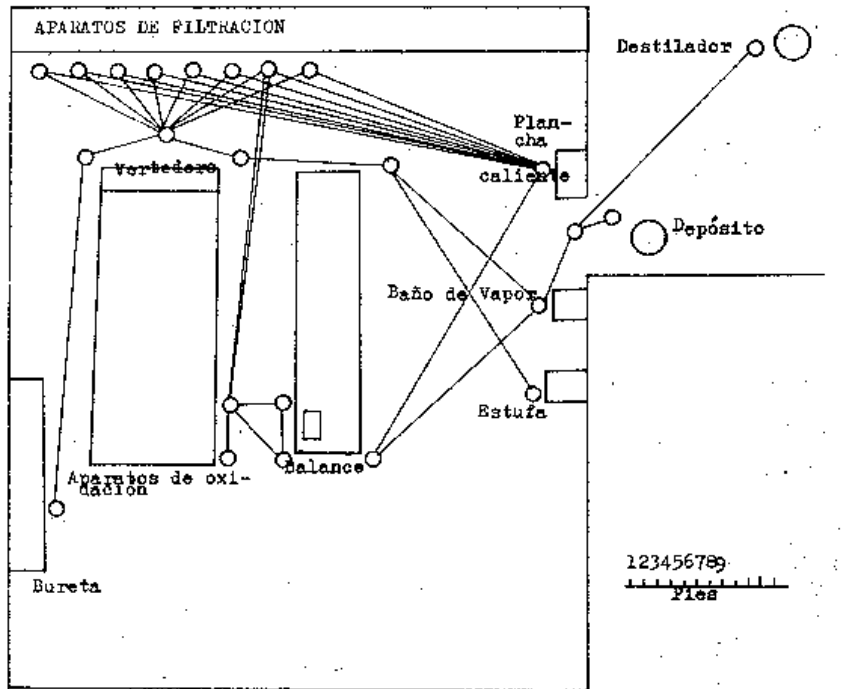


**Figura 1.13.** Diagrama de Hilos.

#### **Conclusiones generales de la clase:**

#### **Generalización de los contenidos orientados:**

Teniendo en cuenta los diagramas descritos en la clase, realizar un resumen de sus principales elementos.

#### **Orientación del trabajo independiente:**

1. ¿Qué importancia le conceden a cada uno de los diagramas estudiados en la clase?

Entregar por equipo.

- Diagrama del trabajador en el proceso.
- Diagrama de recorrido del trabajador.
- Diagrama de hilo o hilograma.

#### **Bibliografía:**

Marsan, J. y colectivo de autores. Ingeniería de Métodos.

Kanawaty, G., Introducción al Estudio del Trabajo.

#### **Nexo- motivación de la próxima clase:**

En la próxima clase abordaremos el estudio de métodos en los puestos manuales y mecánico manuales, cuando se ejecuta el trabajo en un lugar fijo.



**Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez"**

**Facultad de Ingeniería**

**Departamento Ingeniería Industrial**

**Asignatura: Organización de Procesos y puestos.**

**Tema III:** Continuación. Estudio de métodos en puestos manuales y mecánico manuales (puestos fijos). Principios de economía de movimientos. Diagrama bimanual. Diseño antropométrico del puesto.

**Conferencia 11.**

**Sumario:**

2. Estudio de métodos en puestos manuales y mecánico manuales (puestos fijos). Principios de economía de movimientos.
3. Diagrama bimanual.
4. Diseño antropométrico del puesto.

**Introducción:**

Control de asistencia.

**Rememoración de contenidos del tema anterior:**

- Abordar los diagramas abordados en el estudio de métodos en puestos móviles.

**Aclaración de dudas y consolidación del tema anterior:**

Tener en cuenta los objetivos de la clase anterior:

1. Analizar el estudio de métodos en los puestos móviles.

**Control del estudio independiente y evaluación:**

Debatir la importancia que se le concede a cada uno de los diagramas estudiados en el estudio de métodos en puestos móviles.

**Introducción - Motivación: Planteamiento del problema a resolver en la clase.**

Estos procesos se caracterizan porque en ellos la productividad del trabajo depende casi totalmente de la actividad del hombre y del método de trabajo que éste emplea en la realización del proceso laboral.

De ahí la gran importancia de una investigación profunda en el proceso laboral con el objetivo de proyectar métodos más eficientes.

Al hacerse el estudio en estos procesos, el método de trabajo se descompone en sus elementos componentes, dependiendo el desglose de su repetitividad.

Como consecuencia del estudio de la Ingeniería de Métodos en el lugar, estación o puesto de trabajo la mejora descansa en los movimientos que realiza el operario en la realización

de la tarea, es necesario abordar otra técnica del Estudio de Métodos y es el Estudio de movimientos.

#### **Planteamiento de los objetivos:**

1. Analizar el estudio de métodos en puestos fijos.
2. Explicar los movimientos fundamentales y los principios de economía de movimientos, como parte de la organización del puesto de trabajo.
3. Utilizar el diagrama bimanual como herramienta para registrar los métodos actuales y proyectados.
4. Diseñar antropométricamente los puestos de trabajo.

#### **Desarrollo:**

- 1. El estudio de métodos en los procesos manuales y mecánico manuales, cuando se ejecuta el trabajo en un lugar fijo. Principios de economía de movimientos. Diagrama bimanual.**

#### **Estudios de movimientos:**

Frank B. Gilberth fue el fundador de la técnica moderna del estudio de movimientos, la cual se puede definir como el estudio de los movimientos del cuerpo humano que se utilizan para realizar una labor determinada, con la mira de mejorar esta, eliminando los movimientos innecesarios y simplificando los necesarios, y estableciendo luego la secuencia o sucesión de movimientos más favorables para lograr una eficiencia máxima.

Más que nadie a los Gilberth, Frank y su esposa Lillian, es a quienes se debe que la industria reconociera la importancia de un estudio minucioso de los movimientos de una persona en relación con su capacidad para aumentar la producción, reducir la fatiga e instruir a los operarios acerca del mejor método para llevar a cabo una operación.

Los Gilberth también desarrollaron las técnicas de análisis ciclográfico para estudiar la trayectoria de los movimientos efectuados por un operario y consiste en fijar una pequeña lámpara eléctrica al dedo o la parte del cuerpo en estudio, y registrar después fotográficamente los movimientos mientras los operarios efectúan el trabajo u operación. La toma resultante es un registro permanente de la trayectoria de los movimientos y puede analizarse para lograr una posible mejora.

Carl G. Bart un colaborador de Taylor ideó una regla de cálculo para la producción mediante la cual se podía determinar la combinación más eficiente de velocidades y alimentaciones para el corte de metales de diversas durezas, considerado profundidad de corte, tamaño y vida de la herramienta. Además, investigó el número de pie libras de trabajo que un hombre podía efectuar en un día.

En 1917, Henry Laurence Gantt ideó algunas representaciones gráficas sencillas que permitían medir la actuación del trabajo real y mostraban a la vez claramente los programas proyectados. Tal medio hizo posible por primera vez comparar el trabajo real con el plan original, y ajustar los programas diarios según la capacidad, el programa inicial y los requisitos de los clientes.

También es conocido Gantt por su invención de los sistemas de tareas y bonificaciones o primas. El sistema de pagos de salarios de Gantt recompensaba al operario su trabajo superior al estándar y eliminaba todo castigo por falta de cumplimiento.

Cuando Taylor se retiró, Dwight Vmerrick inició un estudio de tiempos unitarios, también se le debe reconocimiento por su plan de pagos múltiples para el trabajo a destajo en el que recomendaba tres tasas de pago progresivas.

El estudio de tiempos y movimientos recibió un gran impulso en los días de la segunda guerra mundial cuando Franklin Roosevelt a través de su secretaria del trabajo, propugnó el establecimiento de estándares, de los cuales resultó un incremento de la producción. El 11 de noviembre de 1945, la Regional war Labor Board III (o junta de trabajo en tiempo de guerra) publicó un artículo en el cual se anunciaba la política de la War Labor Board acerca de la propuesta de incentivo. Se reproducen enseguida las secciones:

- I. Consideraciones generales aplicables a todas las propuestas de incentivo.
- II. Establecimiento de tasas de incentivos para una operación de producción específica.
- III. Planes de incentivo para toda la planta.

En 1912 se instituyó la sociedad para el progreso de la ciencia de la administración cuya denominación se cambió por la de Taylor Society en 1915. La sociedad de ingenieros industriales fue fundada 1917 por personas interesadas en el método de producción.

De la fusión de la sociedad de ingenieros industriales y la de Taylor se organizó, en 1936 la Society For the Advancement of management esta organización ha continuado destacando hasta el presente la importancia del estudio de los tiempos, los métodos y el pago de salario.

El estudio de tiempos y movimientos se ha perfeccionado continuamente desde los años de la década de 1920, y en nuestros días se le reconoce como un medio o instrumento necesario para el funcionamiento eficaz de los negocios y las industrias.

#### **Definición de las divisiones básicas del trabajo. Movimientos fundamentales.**

Gilbreth denominó “therblig” a cada uno de estos movimientos fundamentales, y concluyó que toda operación se compone de una serie de estas 17 divisiones básicas:

| Therblig               | Letra o sigla | Color          | Símbolo                                                                               |
|------------------------|---------------|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Buscar                 | B             | negro          |    |
| Seleccionar            | SE            | Gris Claro     |    |
| Tomar o Asir           | T             | Rojo           |    |
| Alcanzar               | AL            | Verde Olivo    |    |
| Mover                  | M             | Verde          |    |
| Sostener               | SO            | Dorado         |   |
| Soltar                 | SL            | Carmín         |  |
| Colocar en posición    | P             | Azul           |  |
| Precolocar en posición | PP            | Azul Cielo     |  |
| Inspeccionar           | I             | Ocre Quemado   |  |
| Ensamblar              | E             | Violeta Oscuro |  |
| Desensamblar           | DE            | Violeta Claro  |  |

|                    |     |                |                                                                                     |
|--------------------|-----|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Usar               | U   | Púrpura        |  |
| Retraso Inevitable | DI  | Amarillo Ocre  |  |
| Retraso Evitable   | DEV | Amarillo Limón |  |
| Planear            | PL  | Castaño o Café |  |
| Descansar          | DES | Naranja        |  |

- 1- **Buscar:** es la parte del ciclo durante la cual los ojos o las manos tratan de encontrar un objeto. Comienza en el instante en que los ojos se dirigen o mueven en un intento de localizar un objeto, y termina en el instante en que se fijan en el objeto encontrado. Buscar es un therblig que el analista debe tratar de eliminar siempre.
- 2- **Seleccionar:** este es el therblig que se efectúa cuando el operario tiene que escoger una pieza de entre dos o más semejante. También es considerado ineficiente.
- 3- **Tomar (o asir):** este es el movimiento elemental que hace la mano al cerrar los dedos rodeando una pieza o parte para asirla en una operación. Es un therblig eficiente y, por lo general, no puede ser eliminado, aunque en muchos casos se puede mejorar.
- 4- **Alcanzar:** corresponde al movimiento de una mano vacía, sin resistencias hacia un objeto o retirándola de él. Puede clasificarse como un therblig objetivo y, generalmente, no puede ser eliminado del ciclo de trabajo. Sin embargo, sí puede ser reducido acortando las distancias requeridas para alcanzar y dando ubicación fija a los objetos.
- 5- **Mover:** comienza en cuanto la mano con carga se mueve hacia un sitio o ubicación general, y termina en el instante en que el movimiento se detiene al llegar a su destino. El tiempo requerido para mover depende de la distancia, del peso que se mueve y del tipo de movimiento. Es un therblig objetivo y es difícil eliminarlo del ciclo de trabajo.

- 6- **Sostener:** esta es la división básica que tiene lugar cuando una de las dos manos soporta o ejerce control sobre un objeto, mientras la otra mano ejecuta trabajo útil. Es un therblig ineficiente y puede eliminarse, por lo general, del ciclo de trabajo.
- 7- **Soltar:** este elemento es la división básica que ocurre cuando el operario abandona el control del objeto.
- 8- **Colocar en posición:** tiene efecto como duda o vacilación mientras la mano, o las manos, tratan de disponer la pieza de modo que el siguiente trabajo pueda ejecutarse con más facilidad, de hecho, de colocar en posición puede ser la combinación de varios movimientos muy rápidos.
- 9- **Precolocar en posición:** este es un elemento de trabajo que consiste en colocar un objeto en un sitio predeterminado, de manera que pueda tomarse y ser llevado a la posición en que ha de ser sostenido cuando se necesite.
- 10- **Inspeccionar:** es un elemento incluido en la operación para asegurar una calidad aceptable mediante una verificación regular realizada por el trabajador que efectúa la operación.
- 11- **Ensamblar:** es la división básica que ocurre cuando se reúnen dos piezas embonantes. Es objetivo y puede ser más fácil mejorarlo que eliminarlo.
- 12- **Desensamblar:** ocurre cuando se separan piezas embonantes unidas. Es de naturaleza objetiva y las posibilidades de mejoramiento son más probables que la eliminación del therblig.
- 13- **Usar:** es completamente objetivo y tiene lugar cuando una o las dos manos controlan un objeto, durante el ciclo en que se ejecuta trabajo productivo.
- 14- **Demora (o retraso) inevitable:** corresponde al tiempo muerto en el ciclo de trabajo experimentado por una o ambas manos, según la naturaleza del proceso.
- 15- **Demora (o retraso) evitable:** es todo tiempo muerto que ocurre durante el ciclo de trabajo y del que sólo el operario es responsable, intencional o no intencionalmente.
- 16- **Planear:** es el proceso mental que ocurre cuando el operario se detiene para determinar la acción a seguir.
- 17- **Descansar (o hacer alto en el trabajo):** esta clase de retraso aparece rara vez en un ciclo de trabajo, pero suele aparecer periódicamente como necesidad que experimenta el operario de reponerse de la fatiga.

Los elementos pueden ser clasificados en tres grupos:

**Grupo I    movimientos que efectúan un trabajo.**

**Grupo II movimientos que retrasan el trabajo.**

**Grupo III movimientos que no lo realizan.**

**Tabla 1.1:** Elementos de cada grupo.

| Grupo I (ejecutan)   | Grupo II (retrasan)  | Grupo III (no hacen nada)   |
|----------------------|----------------------|-----------------------------|
| Cambiar de dirección | Sujetar              |                             |
| Mover                | Pre-posicionar       | Espera evitable             |
| Coger                | Buscar               | Espera inevitable           |
| Posicionar           | Seleccionar          | Descanso para vencer fatiga |
| Desacoplar           | Planear              |                             |
| Soltar               | Espera equilibradora |                             |
| Examinar             | Alcanzar             |                             |
| Hacer                |                      |                             |

**Secuencia a seguir en el procedimiento del estudio de movimientos.**

- 1- Análisis detallado del método actual implica reducir las tareas a sus elementos básicos.
- 2- Aplicar los principios elementales de economía de movimientos para desarrollar un método estudio de los elementos mejorados.

El primer paso implica conocer los elementos básicos en los que se descompone una tarea, descritos anteriormente, y descomponerla utilizando la técnica del diagrama bimanual (MD/MI) el cual nos permite indicar la secuencia de los hechos en la ejecución de la tarea.

El segundo paso está condicionado y gobernado por los principios de economía de movimientos que le han sido establecidos como resultado del estudio completo y profundo de las capacidades de movimiento del cuerpo humano.

**La utilización de la técnica y los principios:**

**Diagrama Bimanual:** Es un cursograma en que se consigna la actividad de las manos (o extremidades) del operario indicando la relación entre ellos.

**¿Cómo se confecciona?**

- 1- Formulario para la información habitual.
- 2- Espacio para croquis del lugar de trabajo.
- 3- Espacio para movimientos de ambas manos.
- 4- Espacio para un resumen de movimiento y análisis del tiempo de actividad.

**Es necesario tener en cuenta:**

- 1- Estudiar el ciclo de las operaciones varias veces antes de comenzar las anotaciones.
- 2- Registrar una sola mano cada vez.
- 3- Registrar unos pocos símbolos cada vez.

- 4- La acción de hacer otra pieza o recoger al comienzo de un ciclo de trabajo se presta para iniciar las anotaciones. Conviene empezar por la mano que coge la pieza primero o por la que ejecuta más trabajo.
- 5- Registrar las acciones en el mismo renglón solo cuando tienen lugar al mismo tiempo.
- 6- Las acciones sucesivas se colocan en renglones distintos. Verificándose si en el diagrama la sincronización entre las dos manos corresponde a la realidad.
- 7- Procúrese registrar todo lo que hace el operario y evitase combinar las operaciones con transporte y colocaciones, a no ser que ocurran realmente al mismo tiempo.

Para la confección de este diagrama se utilizan los símbolos siguientes:

**Tabla 1.2:** Símbolos utilizados en la confección del diagrama bimanual.

| Símbolo                                                                             | Nombre     | Usado para representar                                                                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | Acción     | El miembro del cuerpo hace algo en un lugar, tal como coger, alinear, ensamblar, etcétera.                                               |
|    | Movimiento | Un movimiento de un miembro del cuerpo hacia un objeto o bien cambiando la localización de un objeto.                                    |
|   | Sostener   | El miembro del cuerpo mantiene un objeto en una posición fija en forma que pueda hacerse el trabajo con o sobre él con esa localización. |
|  | Demora     | El miembro del cuerpo está ocioso o esperando a otros miembros.                                                                          |
|  | Inspección | Este símbolo sólo se usa ocasionalmente, por circunstancias específicas para subrayar el examen de una pieza.                            |

En la Figura 1.1 se muestra un modelo de diagrama bimanual que es muy práctico, ya que los símbolos están impresos y sólo hay que marcar los que correspondan. Si no se usan técnicas cinematográficas de registro. Este tipo de diagrama es más aconsejable.

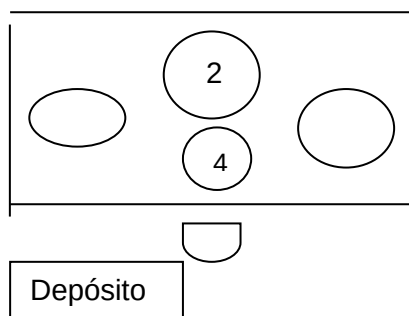




### Ejemplo del Diagrama Bimanual: Introducción al Estudio del Trabajo (O.I.T)

| T(s) | Mano izquierda     | Si                                                                                  |                                                                                     | Mano derecha                             | T(s) |
|------|--------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|------|
|      | Buscar caja        |    |    | Retorno hacia posición normal de la mano |      |
| 4    | Coger caja         |    |    | Espera                                   | 4    |
|      | Traer caja         |    |    | Espera                                   |      |
| 1    | Poner caja en mesa |    |    | Espera                                   | 1    |
|      | Sujeta la caja     |    |    | Buscar acople                            |      |
| 4    | Sujeta la caja     |    |    | Coge acople                              | 4    |
|      | Sujeta la caja     |    |    | Traer acople                             |      |
| 2    | Sujeta la caja     |    |    | Coloca en caja                           | 2    |
|      | Sujeta la caja     |    |    | Busca acople                             |      |
| 4    | Sujeta la caja     |    |    | Coge acople                              | 4    |
|      | Sujeta la caja     |    |    | Traer acople                             |      |
| 2    | Sujeta la caja     |   |   | Coloca en caja                           | 2    |
| 2    | Sujeta la caja     |  |  | Tapa la caja                             | 2    |
|      | Buscar etiqueta    |  |  | Hacia depósito de agua                   | 1    |
| 4    | Coger etiqueta     |  |  | Moja dedos                               | 2    |
|      | Traer etiqueta     |  |  | Hacia caja                               | 1    |
| 2    | Sostiene etiqueta  |  |  | Moja etiqueta                            | 2    |
| 3    | Pega etiqueta      |  |  | Sujeta caja                              | 3    |
| 1    | Espera             |  |  | Lleva caja a deposito                    | 1    |
| 1    | Espera             |  |  | Deposita caja                            |      |

Vista superior del puesto de trabajo



1 (cajas) 2  
(acoples) 3  
(etiquetas) 4  
(agua)

### **Principios de economía de movimientos:**

Estas reglas para la economía del movimiento y reducción de la fatiga son el resultado de la experiencia y constituyen una base excelente para idear métodos mejores en el lugar de trabajo.

Frank Gilbreth fundador del estudio de movimientos, fue el primero, en utilizarlos y posteriormente fueron utilizados por otros especialistas, se clasifican en tres grupos:

A: Utilización del cuerpo humano.

B: Distribución del lugar de trabajo.

C: Diseño de las máquinas y herramientas.

### **¿Para qué sirven?**

Son una base excelente para mejorar la eficiencia y reducir la fatiga del trabajo manual. Sirve por igual en talleres y oficinas, son la base para el Diagrama Bimanual.

### **A: Utilización del cuerpo humano**

Siempre que sea posible:

- 1- Las dos manos deben comenzar y completar sus movimientos a la vez.
- 2- Nunca deben estar inactivas las dos manos a la vez, excepto en periodos de descansos.
- 3- Los movimientos de los brazos deben realizarse simultáneamente y en direcciones opuestas y simétricas.
- 4- Los movimientos de las manos y el cuerpo deben caer dentro de la clase, más baja con que sea posible ejecutar satisfactoriamente el trabajo.

### **Clasificación de los movimientos:**

| Clase | Punto de apoyo | Partes del cuerpo empleadas          |
|-------|----------------|--------------------------------------|
| 1-    | nudillos       | dedo                                 |
| 2-    | muñeca         | mano y dedo                          |
| 3-    | codo           | antebrazo, mano y dedo               |
| 4-    | hombro         | mano, antebrazo, brazo y dedo        |
| 5-    | tronco         | torso, antebrazo, brazo, mano y dedo |

La clasificación más baja, mostrada como primera, requiere por lo general, el mínimo de tiempo y esfuerzo, y probablemente produce un mínimo de fatiga.

5 - Se debe emplear la impulsión cuando favorece al obrero, pero se ha de reducir al mínimo si hay que contrarrestarlo con un esfuerzo muscular.

6- Son preferibles los movimientos suaves y continuos de las manos, en lugar de los que son en zig zag o línea recta con cambios de dirección bruscos y repetitivos.

7- Los movimientos curvos y continuos son preferibles a los que se realizan en línea recta, que comprenden cambios de dirección bruscos y repetitivos, estos no solo consumen tiempo, sino que cansan al operario.

8- Los movimientos balísticos son más rápidos, fáciles y exactos que los restringidos y controlados. Ejemplo de movimiento balístico carpintero hábil al hacer oscilar su martillo clavando un clavo.

9- EL ritmo es esencial para la ejecución suave y automática de una operación y siempre que sea posible debe disponer el trabajo para permitir un ritmo fácil y natural.

**B: Relacionados con la distribución del lugar de trabajo.**

1. Debería haber un sitio fijo y definido para todas las herramientas.
2. Las herramientas, materiales y controles deben situarse cerca y justamente frente al operario.
3. Se deben utilizar depósitos y recipientes de suministros por gravedad para entregar materiales cerca del punto de utilización.
4. Siempre que sea posible, se deben utilizar suministro por gravedad.
5. Se deben situar los materiales y herramienta de forma que permita el uso del orden de movimiento mejor.
6. Deben existir condiciones adecuadas para ver.
7. La altura del lugar de trabajo y la del asiento correspondiente a cada operario, deberán combinarse de forma que permitan a este trabajar alternativamente sentado o de pie.
8. Se debe instalar par cada obrero una silla de tipo y altura conveniente para poder adoptar una buena postura.

**C: Relacionados con el diseño de herramientas y equipos.**

1. Debe relevarse a las manos de todo trabajo que pueda ser hecho más ventajosamente por una plantilla, un dispositivo de sujeción o una de funcionamiento por pedal.
2. Siempre que sea posible se debe combinar dos o más herramientas.

Ejemplo: Generalmente es más rápido darle la vuelta a una herramienta de dos extremidades que dejar una herramienta y coger otra.

- Martillos y extractor de clavos.
- Llave de dos extremos.
- Lápiz y goma.
- Teléfono- transmisor- receptor.

- 3- Siempre que sea posible, se deben poner las herramientas y materiales en posición previa.
- 4- Los mangos de las herramientas, deben proyectarse para que permitan una superficie de contacto máximo entre la mano y el mango.
- 5- También se añade que:

Las palancas, barras cruzadas, volantes deben situarse de forma que el operario pueda manejarlos con un cambio mínimo en la posición del cuerpo y utilizando la mayor ventaja mecánica.

En muchas clases de trabajo, el operario tiene la oportunidad de acentuar ciertos puntos, fijar un ciclo de movimientos. Por ejemplo, todo operario de punzonadora que la alimenta a mano, tiende a suministrar la lámina de material empujándola repentinamente, lo que constituye un punto acentuado en el ciclo. En donde el trabajo lo permite, lo más natural es que el obrero coja el ritmo en este sentido.

La aplicación creadora de estos principios junto con la correcta organización del puesto de trabajo y sus servicios y de los principios referidos a estos aspectos constituyen la base de las reservas de productividad en los trabajos manuales y mecánico manuales repetitivos.

#### **Lista de comprobación para el diagrama bimanual.**

##### **Principios básicos:**

- a) Reducir los elementos totales a un mínimo.
  - b) Arreglar en el mejor orden.
  - c) Combinar los elementos cuando sea factible.
  - d) Hacer cada elemento tan sencillo como sea posible.
  - e) Balancear el trabajo de las manos.
  - f) Evitar el uso de las manos para sostener.
1. ¿Puede ser eliminada una acción de trabajo?
    - a) Por innecesaria.
    - b) Mediante un cambio de herramientas o de equipos.
    - c) Mediante un cambio de la distribución del puesto de trabajo.
    - d) Combinando herramientas.
    - e) Mediante un cambio ligero del material
    - f) Mediante un cambio ligero en el producto.
  2. ¿Puede eliminarse un movimiento?
    - a) Por innecesario.
    - b) Mediante un cambio en el orden del trabajo.

- c) Combinando herramientas.
  - d) Mediante un cambio de herramientas o de equipos.
  - e) Mediante un dispositivo para dejar caer el material acabado.
3. ¿Puede eliminarse un sostener?
- a) Por innecesario.
  - b) Mediante un dispositivo sencillo de sostén.
4. ¿Puede ser eliminada o abreviada una demora?
- a) Como innecesaria.
  - b) Mediante un cambio en el trabajo que hace cada miembro del cuerpo.
  - c) Balanceando el trabajo entre los miembros del cuerpo.
  - d) Trabajando simultáneamente sobre dos cosas.
5. ¿Puede hacerse más sencilla una sub operación?
- a) Mediante mejores herramientas.
  - b) Cambiando los brazos de palanca.
  - c) Mediante mejores recipientes para materiales (los que permiten sujeción deslizante de partes pequeñas son preferibles a las profundas).
  - d) Usando la inercia cuando sea posible.
  - e) Disminuyendo los requerimientos visuales.
  - f) Mediante mejores alturas en los puestos de trabajo (mantener la altura de trabajo debajo del codo).
6. ¿Puede hacerse más sencillo un movimiento?
- a) Mediante los principios de economía de movimientos.
7. ¿Puede hacerse más sencillo un sostener?
- a) Abreviando su duración.
  - b) Usando grupos de músculos más fuertes; tales como los de las piernas, con tornillos operados con el pie.

**Otros aspectos a tener en cuenta en el diseño del método en puestos de trabajo manuales y mecánico-manuales.**

El diseño de un nuevo método presupone la aplicación de procedimientos de trabajo más racionales sobre la base de una composición conveniente de la secuencia óptima del cumplimiento del proceso de trabajo, de la eliminación de los movimientos y acciones innecesarias y agotadoras, de su simultaneidad en tiempo, de la normalización de la posición, etc.

En el diseño del trabajo manual y mecánico manual deberá aprenderse en primer lugar a la repetitividad del proceso laboral, ya que de acuerdo con ésta se requerirá un mayor o menor desglose del método de trabajo para su estudio.

A los efectos de su racionalidad económica, es recomendable la siguiente relación entre grado de repetitividad y nivel de desglose del método de trabajo, aunque deberá condicionarse a las situaciones específicas del lugar de estudio, cuidando mantener el objetivo citado.

**Tabla 1.3:** Relación entre el grado de repetitividad y el nivel de desglose.

| <b>Repetitividad</b>    | <b>Desglose</b>          |
|-------------------------|--------------------------|
| Poco repetitivo         | Procedimiento de trabajo |
| Medianamente repetitivo | Acción de trabajo        |
| Muy repetitivo          | Movimiento de trabajo    |

Una vez determinado el grado de repetitividad y por ende del desglose requerido, se pasa al estudio del trabajo de avanzada, aplicándose las técnicas de registro anteriormente expuestas.

Ya en este momento, habiéndose compuesto el método de trabajo de avanzada, es posible pasar al diseño del nuevo método. Para ello se utiliza la técnica de diseño: examen crítico, la cual ha dado muy buenos resultados en la práctica y se adapta bastante a nuestras necesidades.

En este punto es preciso tener bien presente los principios de economía de movimientos y los factores antropométricos; además, debe garantizarse que el nuevo método proyectado no sobrepase la intensidad normal de trabajo del proceso laboral.

#### **Consideraciones sobre micro movimientos.**

Como característica general de los países subdesarrollados, y por ende el nuestro, la inmensa mayoría de los procesos laborales adolecen de deficiencias organizativas. Por esta razón existen grandes reservas para el aumento de la productividad del trabajo dados por inadecuada cooperación en la organización y servicio al puesto de trabajo, etc. Por otra parte, el estudio de los micro movimientos sólo reporta pequeños incrementos de productividad si se compara con las que se pueden lograr al concebir procedimientos de trabajo ordenados y sistemáticos. Además, los altos costos de los estudios de micro movimientos, así como su complejidad no justifican su utilización en nuestro país en la primera etapa de racionalización del trabajo, salvo casos muy específicos.

### Ejemplo 1.1: Perforación de agujeros en un canal para articulación de puerta.

La Figura 1.4 representa el diagrama bimanual de la operación original para la perforación de tres orificios en cada uno de los extremos de un canal para articulación de puertas. El canal y los dos juegos de agujeros perforados se muestran en la Figura 1.2 y la distribución en planta del puesto en la Figura 1.3.

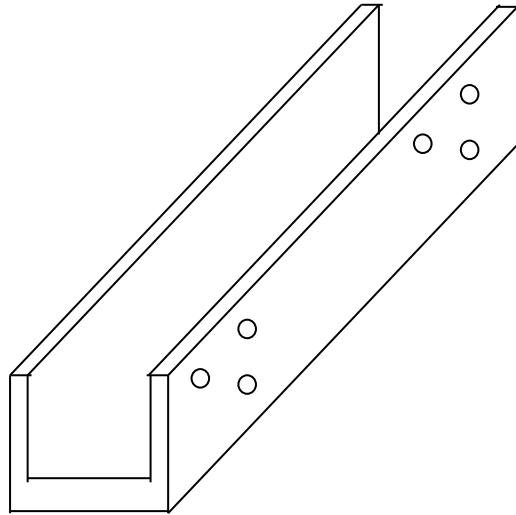


Figura 1.2: Canal y juego de agujeros perforados.

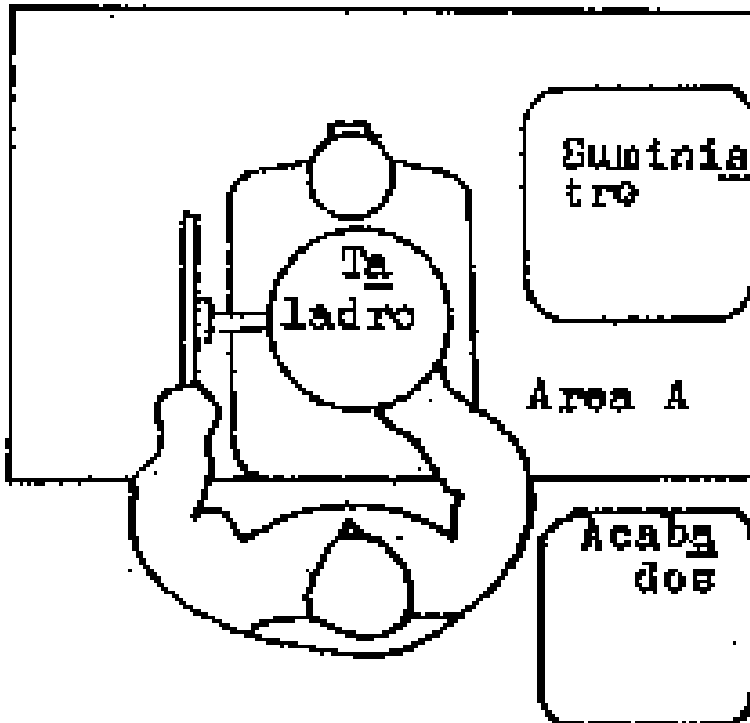


Figura 1.3. Método Actual del puesto de trabajo.



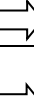
|                                                     |                                                                                     |           |                                                                                     |                                    |    |       |    |      |    |  |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|----|-------|----|------|----|--|
| Diagrama No.:                                       |                                                                                     | Hoja No.: | RESUMEN                                                                             |                                    |    |       |    |      |    |  |
| Taller:                                             |                                                                                     |           | Método                                                                              | Actual                             |    | Prop. |    | Dif. |    |  |
| Proceso:                                            |                                                                                     |           |                                                                                     | MI                                 | MD | MI    | MD | MI   | MD |  |
| Operación: Perforación de orificios                 |                                                                                     |           | Acción                                                                              | 9                                  | 11 |       |    |      |    |  |
| Trabajador:                                         |                                                                                     |           | Movimiento                                                                          | 0                                  | 6  |       |    |      |    |  |
| Método: Actual: <input checked="" type="checkbox"/> | Propuesto: <input type="checkbox"/>                                                 |           | Sostener                                                                            | 0                                  | 4  |       |    |      |    |  |
| Confeccionado por:                                  |                                                                                     |           | Demora                                                                              | 12                                 | 0  |       |    |      |    |  |
| Fecha:                                              |                                                                                     |           | Total                                                                               | 21                                 | 21 |       |    |      |    |  |
| Descripción                                         | Símbolos                                                                            |           |                                                                                     | Descripción                        |    |       |    |      |    |  |
|                                                     | M.I                                                                                 |           | M.D.                                                                                |                                    |    |       |    |      |    |  |
| Sobre la broca                                      |    |           |    | Al área A                          |    |       |    |      |    |  |
| “ “ “                                               |    |           |    | Levanta el canal                   |    |       |    |      |    |  |
| “ “ “                                               |    |           |    | A la mordaza                       |    |       |    |      |    |  |
| “ “ “                                               |    |           |    | Elimina virutas con el canal       |    |       |    |      |    |  |
| “ “ “                                               |    |           |    | La coloca en la mordaza            |    |       |    |      |    |  |
| Baja la broca y presiona                            |    |           |    | En la mordaza                      |    |       |    |      |    |  |
| “ “ “ “                                             |   |           |   | Al recipiente de suministros       |    |       |    |      |    |  |
| “ “ “ “                                             |  |           |  | Levanta el canal                   |    |       |    |      |    |  |
| “ “ “ “                                             |  |           |  | Al área A                          |    |       |    |      |    |  |
| “ “ “ “                                             |  |           |  | Posición previa y Colocación       |    |       |    |      |    |  |
| “ “ “ “                                             |  |           |  | A la parte de la mordaza           |    |       |    |      |    |  |
| Sube la broca                                       |  |           |  | En la mordaza                      |    |       |    |      |    |  |
| Sobre la broca                                      |  |           |  | Quita el canal                     |    |       |    |      |    |  |
| “ “ “                                               |  |           |  | Invierte los extremos              |    |       |    |      |    |  |
| “ “ “                                               |  |           |  | Elimina virutas con el canal       |    |       |    |      |    |  |
| “ “ “                                               |  |           |  | La coloca en la mordaza            |    |       |    |      |    |  |
| Baja la broca                                       |  |           |  | En la mordaza                      |    |       |    |      |    |  |
| Sube la broca                                       |  |           |  | “ “ “                              |    |       |    |      |    |  |
| Sobre la broca                                      |  |           |  | Lo quita de la mordaza             |    |       |    |      |    |  |
| “ “ “                                               |  |           |  | Al recipiente de piezas terminadas |    |       |    |      |    |  |
| “ “ “                                               |  |           |  | Lo coloca en el recipiente         |    |       |    |      |    |  |

**Figura 1.4.** Diagrama Bimanual (Actual).

El análisis del diagrama original, basado en la lista de comprobación, haciendo énfasis especial en aquellas preguntas que ayudan a la aplicación de los principios b y c de la parte superior de la lista de comprobación, dio como resultado el método mejorado que se muestra en las Figuras 1.5 y 1.6 (Distribución en planta del puesto y Diagrama bimanual). Los principales cambios efectuados fueron: se fijó un cilindro neumático a la prensa perforadora, se usó un chorro de aire para soplar las rebabas y se cambió la naturaleza del ciclo de la tarea. Se llama la atención particularmente hacia el método propuesto, el cual muestra una tarea con varios subciclos desarrollados con frecuencias diferentes. Debe hacerse notar que en este caso la introducción de subciclos mejoró la tarea y fue parcialmente responsable del aumento de la producción, aunque debe destacarse que no en todos los casos estos subciclos son convenientes.

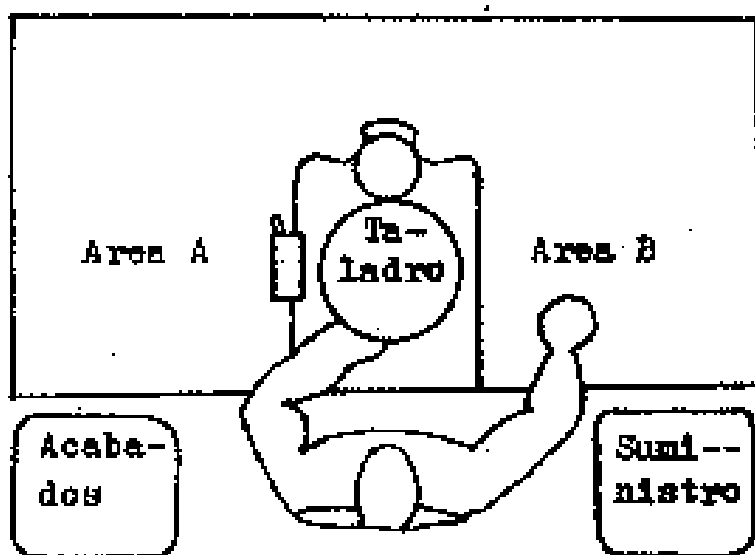


**Figura 1.5.** Método Propuesto del puesto de trabajo.

|                                                     |                                     |                                                                                     |                                 |                                                                                     |                             |     |      |    |  |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----|------|----|--|
| Diagrama No:                                        | Hoja No:                            | RESUMEN                                                                             |                                 |                                                                                     |                             |     |      |    |  |
| Taller:                                             |                                     | Método                                                                              | Actual                          |                                                                                     | Prop.                       |     | Dif. |    |  |
| Proceso:                                            |                                     |                                                                                     | MI                              | MD                                                                                  | MI                          | MD  | MI   | MD |  |
| Operación:                                          |                                     | Acción                                                                              | 9                               | 11                                                                                  | 4.1                         | 4.1 |      |    |  |
| Trabajador:                                         |                                     | Movimiento                                                                          | 0                               | 6                                                                                   | 4.1                         | 4.1 |      |    |  |
| Método: Actual: <input checked="" type="checkbox"/> | Propuesto: <input type="checkbox"/> | Sostener                                                                            | 0                               | 4                                                                                   | 0                           | 2   |      |    |  |
| Confeccionado por:                                  |                                     | Demora                                                                              | 12                              | 0                                                                                   | 2                           | 0   |      |    |  |
| Fecha:                                              |                                     | Total                                                                               | 21                              | 21                                                                                  | 10.                         | 10. |      |    |  |
|                                                     |                                     |                                                                                     |                                 |                                                                                     | 2                           | 2   |      |    |  |
| Descripción                                         |                                     | Símbolos                                                                            |                                 |                                                                                     | Descripción                 |     |      |    |  |
|                                                     |                                     | M.I                                                                                 |                                 | M.D.                                                                                |                             |     |      |    |  |
| Espera por la mano derecha                          |                                     |    | Una vez c/ 20Se repite 20 veces |    | Al recipiente de suministro |     |      |    |  |
| Al canal en la mordaza                              |                                     |    |                                 |    | Levanta el canal            |     |      |    |  |
| Lo quita de la mordaza                              |                                     |    |                                 |    | A la mordaza                |     |      |    |  |
| A la mesa                                           |                                     |    |                                 |    | La coloca en la mordaza     |     |      |    |  |
| Gira el extremo y coloca                            |                                     |   |                                 |   | La pieza en la mordaza (*)  |     |      |    |  |
| Al área A                                           |                                     |  |                                 |  | Al área A                   |     |      |    |  |
| Ayuda a la mano derecha                             |                                     |  |                                 |  | Levanta 20 canales          |     |      |    |  |
| Al área B                                           |                                     |  |                                 |  | Al área B                   |     |      |    |  |
| Ayuda a la mano derecha                             |                                     |  |                                 |  | Coloca 20 canales           |     |      |    |  |
| Espera por la mano derecha                          |                                     |  |                                 |  | Al área B                   |     |      |    |  |
| Al canal en la mordaza                              |                                     |  | Se repite 20 veces              |  | Levanta el canal            |     |      |    |  |
| Lo quita de la mordaza                              |                                     |  |                                 |  | A la mordaza                |     |      |    |  |
| Al recipiente de acabados                           |                                     |  |                                 |  | Lo coloca en la mordaza     |     |      |    |  |
| La coloca en el recipiente                          |                                     |  |                                 |  | La pieza en la mordaza (*)  |     |      |    |  |

(\*) El pie avanza al taladro

**Figura 1.6.** Diagrama Bimanual (Propuesto).

## 2. Diseño antropométrico del puesto:

La antropometría se refiere a las medidas del cuerpo humano, tales medidas incluyen las dimensiones lineales, el peso y el rango, fuerza, velocidad y tipos de movimientos. Por tanto, la antropometría se define como la ciencia que estudia las dimensiones del cuerpo humano, los conocimientos y técnicas para llevar a cabo mediciones, así como su tratamiento estadístico.

En términos generales, las mediciones de las dimensiones del cuerpo humano son de dos clases:

- Las dimensiones estructurales, es decir, las dimensiones del cuerpo inmóvil, que se estudian en la antropometría estática.
- Las dimensiones funcionales, es decir, las dimensiones del hombre en movimiento, que se estudian en la antropometría dinámica.

Aunque las dimensiones estructurales del hombre resultan útiles para ciertas finalidades, las dimensiones del hombre en movimiento resultan más útiles para la mayoría de los problemas de diseño. En la mayor parte de las circunstancias de la vida, nadie permanece inactivo; en la mayoría de las actividades laborales las personas están en movimiento, están funcionando.

Las características antropométricas se definen como las dimensiones que se le toman a las personas, mientras que las características antropométricas relevantes son las dimensiones que están relacionadas con el diseño.

En las características antropométricas inciden un grupo de elementos que por su importancia se explican a continuación:

- Las diferencias étnicas: Las dimensiones antropométricas varían en individuos pertenecientes a diferentes etnias (ver página 39 y 40 del libro Ergonomía de Alonso, A. y otros, 2006).
- Los cambios debidos a los periodos de tiempo: Las dimensiones físicas pueden variar en los períodos de tiempo (ver página 41 del libro Ergonomía de Alonso, A. y otros, 2006).
- Las diferencias de edad: Resulta evidente que durante el crecimiento del ser humano hay un cambio gradual de apariencia y forma, existiendo diferencias en el ritmo de crecimiento en las distintas partes del cuerpo. Estos cambios de las dimensiones antropométricas ocurren tanto en la etapa de crecimiento, en la madurez y la vejez; por tanto, cuando se va a realizar un diseño hay que tener en cuenta las edades de las personas que van a utilizarlo y tomar en consecuencia los valores de las dimensiones correspondientes a esas edades (ver página 41 y 42 del libro Ergonomía de Alonso, A. y otros, 2006).
- Las diferencias de sexo: Las más evidentes se reflejan por cambios en las medidas y formas del cuerpo. Los índices de crecimiento entre los sexos varían en la anchura de los hombros y caderas, la medida de la cabeza y las proporciones de los segmentos de brazos y piernas (ver página 43 del libro Ergonomía de Alonso, A. y otros, 2006).

- Las diferencias de entrenamiento: También se ocasionan diferencias en las dimensiones antropométricas fundamentalmente por diferencias en el desarrollo muscular como, por ejemplo, los deportistas y determinadas ocupaciones laborales.

Previo al estudio antropométrico es necesario analizar:

- Los métodos de trabajo
- La frecuencia de movimientos
- Las fuerzas a desarrollar
- La importancia y frecuencia de atención a los dispositivos informativos y de control.

Este análisis indica cuales son las dimensiones relevantes para el diseño, que se deben determinar, ya sea midiendo a los trabajadores u obteniéndola de la información disponible.

Para la realización de las mediciones se utilizan, entre otros, los instrumentos siguientes (ver páginas 45, 46 y 47 del libro Ergonomía de Alonso, A. y otros, 2006):

- Estadiómetro
- Antropómetro
- Compás antropométrico
- Cinta métrica

Dentro de las dimensiones relevantes del cuerpo están (ver páginas 48-51 del libro Ergonomía de Alonso, A. y otros, 2006):

- Estatura
- Altura de los ojos de pie
- Altura de los codos de pie
- Altura subescapular
- Altura del muslo
- Altura de la rodilla
- Altura iliocrestal
- Longitud del pie
- Ancho del pie
- Diámetro biacromial
- Alcance máximo del brazo
- Alcance lateral del brazo
- Altura poplítea
- Longitud sacro poplítea
- Longitud sacro rótula

- Alcance mínimo del brazo
- Altura de los ojos sentado
- Altura del codo sentado
- Longitud del muslo
- Ancho de la cadera sentado
- Ancho de codo a codo.

Se puede diseñar para:

- Una persona
- Un grupo de personas
- Una gran población

### **Principios para la aplicación de la información antropométrica:**

Esto responde a la siguiente pregunta: ¿Cómo lograr que un diseño se acomode a la mayor cantidad de personas del conjunto que van a emplearlo?

#### Principios de diseño:

- **Principio de diseño para medida:** Diseñar para que se ajuste al “hombre promedio” es un serio error que ha provocado muchos defectos, el hombre promedio no existe, no hay nada semejante al hombre o mujer “medios”; existen personas cuyo peso, estatura u otra dimensión son medios, pero una proporción pequeña de la población posee dos dimensiones medias y un número aún menor tiene tres dimensiones medias, y así sucesivamente. La idea de un “hombre medio” es profundamente incorrecta.
- **Principio de diseño para intervalo ajustable:** Es cuando el elemento que voy a diseñar permite un ajuste. El intervalo de ajuste se basa en los extremos (ejemplo percentil 5 y 95), el mínimo y el máximo, ejemplo: ajuste de los asientos de automóviles, ajuste de sillas. La decisión sobre cuál porción de la población se tiene en cuenta para el diseño se basa en consideraciones económicas y de conveniencia social.
- **Principio del diseño para individuos extremos:** Este plantea que, acomodados a los individuos extremos, tanto grandes como pequeños, estaremos acomodando virtualmente a toda la población. Este principio está basado en el concepto de que, si la dimensión más relevante del diseño es adecuada para el caso extremo, servirá también para el resto de la población, es una solución de compromiso para perjudicar a la menor cantidad de personas.

### **Etapas para la realización de un diseño antropométrico:**

Para realizar un diseño antropométrico es conveniente realizar los pasos siguientes:

#### **1. Definir dimensiones relevantes para el diseño**

Para definir las dimensiones relevantes del diseño es necesario analizar:

- los métodos de trabajo
- la frecuencia de movimientos
- las fuerzas a desarrollar
- la atención a display y controles

Por ejemplo, la altura de la silla es una de las dimensiones relevantes de este medio.

## **2. Identificar las dimensiones humanas que se correspondan con las dimensiones relevantes para el diseño.**

Para diseñar cada dimensión relevante de un medio es necesario analizar que dimensión o dimensiones antropométricas son necesarias.

En la figura 2.1 se muestra el ejemplo de la altura de la silla desde el suelo, la cual debe corresponder con la altura poplítea, de modo que los individuos más pequeños puedan apoyar los pies en el piso sin que el borde del asiento oprima los muslos, por supuesto, si los menores pueden apoyar los pies los mayores también podrán.

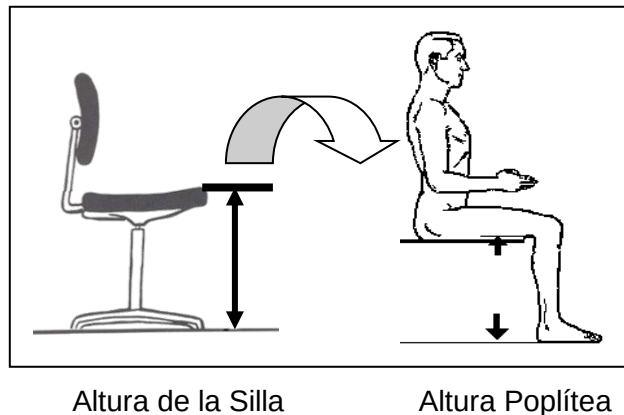


**Figura 2.1:** Ejemplo de la etapa 2 para la realización de un diseño antropométrico.

Este es un ejemplo sencillo en el que una sola dimensión humana es suficiente para determinar la dimensión relevante para diseñar, pero la mayoría de los casos son más complejos ya que se necesitan varias dimensiones antropométricas para diseñar una dimensión relevante del medio, como es el caso de la altura inferior del plano de trabajo.

Para determinar la altura inferior del plano de trabajo, es necesario tener en cuenta la altura poplítea, la altura del muslo y una holgura entre este y la parte inferior de la mesa de trabajo para que esta no los oprima como se muestra en la figura 2.2.

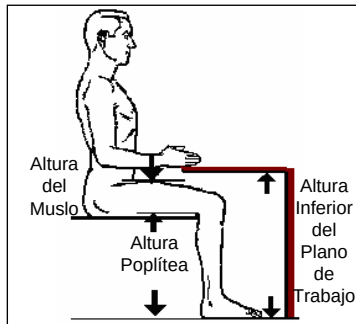


**Figura 2.2.** Dimensiones necesarias para el diseño de la altura inferior del plano de trabajo.

### 3. Definir población

Para definir la población es necesario analizar:

- Las diferencias étnicas
- Los cambios debidos a los periodos de tiempo
- Las diferencias de edad
- Las diferencias de sexo
- Las diferencias de entrenamiento

Las poblaciones deben ser definidas en relación con el proyecto de diseño, ya que el mismo es el que delimita a que sección de la población debe estudiarse.

### 4. Definir tamaño de muestra

Todo estudio o experimento incluye una muestra de alguna población teórica, los datos a partir de una muestra de la población sirven como base para sacar deducciones acerca de la población principal, por supuesto, la muestra debe ser de un tamaño tal que permita considerarla representativa de la misma.

### 5. Realizar mediciones

Antes de pasar a realizar las mediciones es necesario evaluar si existe alguna tabla antropométrica que recoja la información de la población que usará el diseño, de lo contrario debe realizarse un estudio antropométrico.

### 6. Procesamiento estadístico

Las dimensiones del cuerpo humano se consideran que están normalmente distribuidas, en función de esto se debe realizar lo siguiente:

- Construcción del histograma de frecuencia, para conocer el tipo de distribución de la variable.
- Cálculo de la media muestral y la desviación típica.

**Media aritmética:** Es la media muestral que se utiliza como estimada del valor esperado ( $\mu$ ).



$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad i = 1, 2, \dots, n$$

**Desviación típica o estándar de la muestra:** Se usa como estimador de la desviación típica de la población ( $\sigma$ ).

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

- **Percentiles**

Los percentiles son otra manera de dividir una distribución normal desde el valor mínimo al máximo según una secuencia ordenada. Así los valores extremos (el más pequeño y el más grande) están representados por grandes o pequeños percentiles. Los percentiles extremos, ya sean máximos o mínimos, indican pequeñas probabilidades de incidencia.

Desde el punto de vista antropométrico representan el % de personas bajo determinada medida, indica cuantas personas quedan incluidas o excluidas en el diseño. Los valores percentiles se dan bajo forma de fracciones de 100 en relación con una serie de medidas. El percentil 0 y el percentil 100 representan las medidas máximas y mínimas de una distribución.

**Por ejemplo:**

- El percentil 1 en estatura, es aquel que es excedido por el 99% del grupo como se puede ver representado en la figura 2.3.

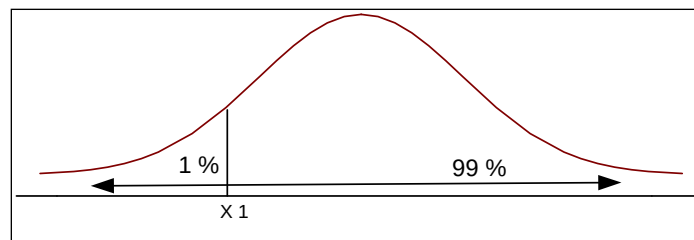


**Figura 2.3.** Percentil 1.

- El percentil 50, o media, es una especie de promedio correspondiente a la curva de distribución normal como se puede ver en la figura 2.4. La mitad de los miembros tienen valores menores y la mitad mayores.

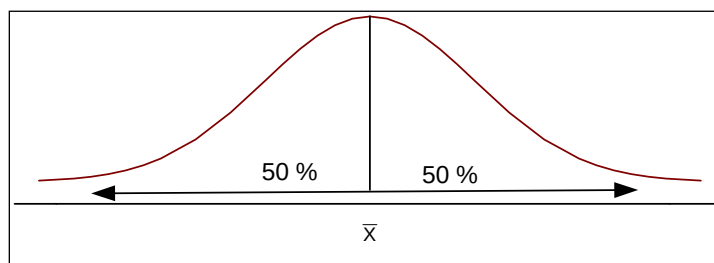


**Figura 2.4.** Percentil 50.

- El percentil 95 es el que es excedido sólo por un 5% como se muestra en la figura 2.5.

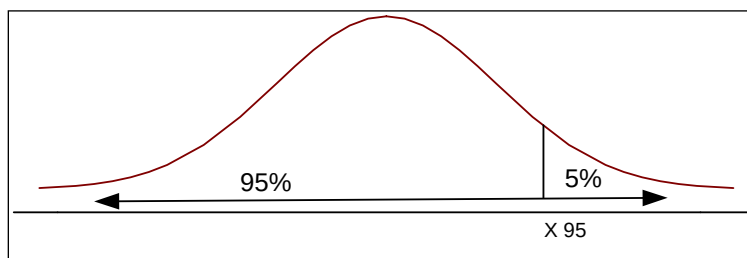


**Figura 2.5.** Percentil 95.

Matemáticamente los valores de la dimensión correspondiente a cada percentil se pueden calcular a partir de la media y desviación estándar de la muestra de la población.

$$X_p + \bar{x} \pm \beta S$$

**X<sub>p</sub>:** Valor de la dimensión correspondiente al percentil P

**β:** está asociado a un valor del percentil y puede calcularse utilizando los valores de la tabla 2.1.

**Tabla 2.1.** Tabla de valores de β.

| Percentiles    | β     | Percentiles   | β     |
|----------------|-------|---------------|-------|
| 0,024 y 99,976 | 3,49  | 21,00 y 79,00 | 0,81  |
| 0,05 y 99,95   | 3,29  | 22,00 y 78,00 | 0,71  |
| 0,50 y 99,50   | 2,576 | 23,00 y 77,00 | 0,74  |
| 1,00 y 99,00   | 2,326 | 24,00 y 76,00 | 0,71  |
| 1,5 y 98,50    | 2,57  | 25,00 y 75,00 | 0,674 |
| 1,97 y 98,03   | 2,06  | 26,00 y 74,00 | 0,65  |
| 2,50 y 97,50   | 3,96  | 27,00 y 73,00 | 0,61  |
| 3,00 y 97,00   | 1,88  | 28,00 y 72,00 | 0,58  |
| 3,50 y 96,50   | 1,81  | 29,00 y 71,00 | 0,55  |
| 4,00 y 96,00   | 1,76  | 30,00 y 70,00 | 0,524 |

|               |       |               |      |
|---------------|-------|---------------|------|
| 5,00 y 95,00  | 1,645 | 32,00 y 68,00 | 0,47 |
| 6,00 y 94,00  | 1,56  | 33,00 y 67,00 | 0,44 |
| 7,00 y 93,00  | 1,48  | 34,00 y 66,00 | 0,41 |
| 8,00 y 92,00  | 1,41  | 35,00 y 65,00 | 0,39 |
| 9,00 y 91,00  | 1,34  | 36,00 y 64,00 | 0,36 |
| 10,00 y 90,00 | 1,282 | 37,00 y 63,00 | 0,33 |
| 11,00 y 89,00 | 1,23  | 38,00 y 62,00 | 0,30 |
| 12,00 y 88,00 | 1,18  | 39,00 y 61,00 | 0,28 |
| 13,00 y 87,00 | 1,13  | 40,00 y 60,00 | 0,26 |
| 14,00 y 86,00 | 1,08  | 41,00 y 59,00 | 0,23 |
| 15,00 y 85,00 | 1,036 | 42,00 y 58,00 | 0,20 |
| 16,00 y 84,00 | 1,00  | 43,00 y 57,00 | 0,18 |
| 17,00 y 83,00 | 0,96  | 44,00 y 56,00 | 0,15 |
| 18,00 y 82,00 | 0,88  | 45,00 y 55,00 | 0,12 |
| 19,00 y 81,00 | 0,87  | 46,00 y 54,00 | 0,10 |
| 20,00 y 80,00 | 0,842 | 47,00 y 53,00 | 0,08 |
|               |       | 48,00 y 52,00 | 0,05 |
|               |       | 49,00 y 51,00 | 0,03 |
|               |       | 50,00         | 0,00 |

¿Cómo aplicar el principio para individuos extremos?

### Ejemplo 2.1

Se desea diseñar la altura de una puerta que será utilizada por un grupo de individuos cuya estatura media es de 1680 mm, con una desviación de 50 mm.

Solución:

Característica antropométrica relevante: Estatura

Dimensión relevante: altura de la puerta.

Por ser la altura de la puerta se debe diseñar para los individuos que se encuentran por encima de la media, por tanto, se selecciona el percentil 95 %.

$$X_{95} = \bar{x} + \beta S = 1680 + (1,645 \times 50) = 1762,25 \text{ mm} = 1,76 \text{ m}$$

### Ejemplo 2.2

Se desea diseñar la distancia de un puesto de trabajo a una pizarra de control que será utilizada por un grupo de individuos cuyo alcance máximo del brazo es de 60 mm, con una desviación de 3 mm.

Solución:

Característica antropométrica relevante: Alcance máximo del brazo

Dimensión relevante: distancia entre el individuo y la superficie

Por ser la distancia que separa la pizarra de control del puesto de trabajo del cual será operada se debe diseñar para los individuos que se encuentran por debajo de la media, por tanto, se selecciona el percentil 5 %.

$$X_{95} = \bar{x} + \beta S = 60 - (1,645 \times 3) = 55,065 \text{ mm}$$

### Ejemplo 2.3

Se deben diseñar un grupo de sillas que permitan realizar las actividades de la mejor manera posible con comodidad y seguridad a un grupo de personas cuyas características antropométricas básicas necesarias para el diseño se muestra a continuación:

| Dimensiones antropométricas | Media muestral (mm) | Desviación típica (mm) |
|-----------------------------|---------------------|------------------------|
| Altura poplítea             | 418                 | 16,41                  |
| Ancho de la cadera          | 447                 | 41,06                  |
| Altura subescapular         | 233                 | 10,19                  |
| Diámetro biacromial         | 426                 | 5,41                   |
| Longitud sacro poplítea     | 312                 | 0,84                   |
| Altura iliocrestal          | 214                 | 3,05                   |

Solución:

$$\begin{aligned} \text{Altura del asiento} \rightarrow \text{Altura poplítea} &= \bar{x} - \beta \times S = 418 - (1,645 \times 16,41) \\ &= 391,01 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ancho del asiento} \rightarrow \text{Ancho de la cadera} &= \bar{x} + \beta \times S = 447 + (1,645 \times 41,06) \\ &= 514,54 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Altura del espaldar} \rightarrow \text{Altura sub escapular} &= \bar{x} - \beta \times S = 233 - (1,645 \times 10,19) \\ &= 216,24 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Ancho del espaldar} \rightarrow \text{Diámetro biacromial} &= \bar{x} + \beta \times S = 426 + (1,645 \times 5,41) \\ &= 434,90 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Profundidad del asiento} \rightarrow \text{Longitud sacropoplítea} &= \bar{x} - \beta \times S \\ &= 312 - (1,645 \times 0,84) = 310,62 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Altura inferior del espaldar} \rightarrow \text{Altura iliocrestal} &= \bar{x} + \beta \times S \\ &= 214 + (1,645 \times 3,05) = 219,02 \text{ mm} \end{aligned}$$

### Ejemplo 2.4

Se deben diseñar una mesa para un puesto de trabajo, cuya postura predominante es sentado a un grupo de personas.

Solución:

$$\begin{aligned} \text{Altura inferior de la mesa} &= \text{Altura poplítea} + \text{Altura de los muslos} \\ &= (\bar{x} + \beta \times S) + (\bar{x} + \beta \times S) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Altura superior de la mesa} &= \text{Altura del codo sentado} + \text{Altura poplítea} \\ &= (\bar{x} - \beta \times S) + (\bar{x} + \beta \times S) \end{aligned}$$

**Conclusiones generales de la clase:**

**Generalización de los contenidos orientados:**

Resumir el procedimiento general para el estudio de métodos, aplicándolo específicamente a la economía de movimientos.

**Orientación del trabajo independiente:**

Estudiar el caso de estudio que se orientará a continuación:

Diseña una mesa de trabajo y una silla que sirva para el 95% de la población si se conoce la información antropométrica siguiente:

| DIMENSIONES                 | VARONES |     |     | HEMBRAS |     |     |
|-----------------------------|---------|-----|-----|---------|-----|-----|
| ANTROPOMETRICAS             | 5%      | 50% | 95% | 5%      | 50% | 95% |
| Altura de los codos sentado | 189     | 241 | 293 | 183     | 232 | 281 |
| Altura de los muslos        | 131     | 157 | 183 | 125     | 153 | 181 |
| Altura poplítea             | 390     | 438 | 487 | 347     | 395 | 442 |
| Longitud sacro poplítea     | 432     | 488 | 544 | 423     | 474 | 525 |
| Longitud sacro rótula       | 534     | 586 | 639 | 512     | 563 | 614 |
| Ancho de hombros            | 412     | 460 | 507 | 349     | 392 | 434 |
| Ancho de caderas            | 299     | 350 | 400 | 295     | 360 | 425 |
| Altura subescapular         | 403     | 441 | 478 | 374     | 412 | 449 |
| Altura iliocrestal          | 124     | 163 | 201 | 125     | 163 | 200 |
| Ancho de codo a codo        | 362     | 446 | 529 | 309     | 382 | 454 |

**Solución:**

**Dimensiones de la Silla:**

$$\begin{aligned} \text{Altura de la Silla} &= \text{Altura Poplítea (P5)} + \text{Holgura Calzado} \\ &= 347 \text{ mm.} + 20 \text{ mm.} = \mathbf{367 \text{ mm.}} \end{aligned}$$

$$\text{Profundidad} = \text{Longitud Sacro poplítea (P5)} = \mathbf{423 \text{ mm.}}$$

$$\text{Ancho} = \text{Ancho Caderas (P95)} = \mathbf{425 \text{ mm.}}$$

$$\text{Altura Superior Espaldar} = \text{Altura Subescapular (P5)} = \mathbf{374 \text{ mm.}}$$

**Altura Inferior Espaldar** = Altura Iliocrestal (P95) = **201 mm.**

**Ancho Espaldar** = Ancho de Hombros (P95) = **507 mm.**

**Dimensiones de la mesa:**

**Altura Inferior** = Altura de la Silla + Altura Muslo (P95) + Holgura.

= 367 mm. + 183 mm. + 20 mm. = **570 mm.**

**Altura Superior** = Altura Silla + Altura Codos (P5).

= 367 mm. + 183 mm. = **550 mm. (Imposible)**

**Recalculo:**

**Altura Superior** = Altura Inferior + Espesor Material.

= 570 mm. + 20 mm. = **590 mm.**

**Bibliografía:**

Marsán, J. Y colectivo de autores. Ingeniería de Métodos.

Niebel, B. W, Freivalds, A. Métodos, estándares y diseño del trabajo

Kanawaty, G. Introducción al Estudio del Trabajo

Salvendy, G., John. Handbook of Industrial Engineering.

Alonso, A. y otros, Ergonomía, Editorial Félix Varela, La Habana, 2006.

**Nexo- motivación de la próxima clase:**

Puede darse el caso que la productividad en el lugar o puesto de trabajo dependa fundamentalmente del nivel de coordinación entre varios elementos ya sean hombre o máquinas en cualquiera de sus combinaciones. En este caso es preferible analizar y dar solución al problema utilizando la teoría de la atención a múltiples máquinas se utilizará como herramienta de registro de los métodos al diagrama de actividades múltiples. Esto es aplicable tanto a actividades de producción como de servicios.

**Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez"**

**Facultad de Ingeniería**

**Departamento Ingeniería Industrial**

**Asignatura:** Organización de Procesos y Puestos.

**Tema II: Estudios de Métodos a nivel de procesos.**

**Clase Práctica No. 7: Modalidad a distancia.**

**Sumario:**

1. Estudios de métodos en puestos fijos mediante la técnica del Diagrama Bimanual.
2. Diseño antropométrico de los puestos.

**Objetivo:**

1. Ejercitar los principios de economía de movimientos mediante casos de estudio relacionados con la herramienta de diagrama bimanual.
2. Diseñar puestos de trabajo teniendo en cuenta la información sobre las características antropométricas, la mecánica, los alcances, el rango, la fuerza y la velocidad de los movimientos humanos.

**Bibliografía:**

- Marsán, J. Y colectivo de autores. Ingeniería de Métodos.
- Kanawaty, G. Introducción al Estudio del Trabajo
- Alonso, A. y otros, Ergonomía, Editorial Félix Varela, La Habana, 2006.

**Desarrollo:**

En la clase práctica se muestra la solución de un caso de estudio relacionado con los principios de movimientos, la técnica de diagrama bimanual, así como el diseño antropométrico del puesto de trabajo. Además, se orientará un grupo de ejercicios de diseño antropométrico en el que los estudiantes deben darle solución a cada uno de ellos por equipos.

**Caso de estudio:**

**Ejercicio No 1 (Resuelto): Producción de mosaicos artesanales.**

Una de las operaciones claves del proceso de fabricación de mosaicos artesanales, es la conformación del mosaico. Esta conformación se realiza por el método de prensado de las tres capas que conforman el mosaico. Los componentes de estas tres capas (La pasta, el brazaje y el gordo), deben estar previamente elaborados por los obreros auxiliares, que

abastecen al operario principal. La operación la realiza el operario mosaísta. Para realizar el análisis de la operación se registra el método con un diagrama bimanual.

Los elementos de trabajo y sus tiempos de duración son las siguientes:

| Elemento                                                                                                                                     | Tiempo (min) |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Toma la pasta (primera capa) de la pastera que está ubicada a su espalda a 30 cm de distancia con el cucharín.                               | 0.5          |
| Vierte la pasta en el molde ubicado en la mesa.                                                                                              | 0.5          |
| Busca y toma la 2 <sup>da</sup> capa (brazaje) con sus manos del depósito 2da capa ubicado a su izquierda y regresa y lo vierte en el molde. | 1.5          |
| Busca y toma la 3 <sup>ra</sup> capa (gordo) con sus manos del depósito 3ra capa ubicado a su izquierda y regresa y lo vierte en el molde.   | 1.5          |
| Pasa la galga que tiene encima de la mesa, para nivelar.                                                                                     | 1.5          |
| Toma la tapa con las dos manos y la coloca en el molde                                                                                       | 2            |
| Toma el molde con ambas manos y lo lleva a la prensa.                                                                                        | 1            |
| Coloca el molde en la prensa, acciona el mando y prensa el molde.                                                                            | 1            |
| Toma el molde con ambas manos y lo deposita en el tablero para que el obrero auxiliar lo desmolde.                                           | 1            |

Las dimensiones del puesto de trabajo son las siguientes:

- Altura de la mesa de trabajo = 100 cm
- Altura máxima de los depósitos = 120 cm
- Distancia de la prensa = 70 cm
- Distancia de los tableros = 100 cm
- Área de la mesa de trabajo = 60cm x 50cm = 2500 cm<sup>2</sup>

El diagrama con la distribución en planta actual del puesto de trabajo se muestra en la figura 1.

Se le pide que con la información disponible:

1. Describa el método de trabajo actual del operario mosaísta, utilizando la técnica del diagrama bimanual.
2. Realice el examen crítico del método, evaluando el cumplimiento de los principios de economía de movimientos.



3. Proponga un nuevo método de trabajo para el operario, que incluya una nueva distribución del puesto de trabajo.
4. Existe insatisfacción con respecto a la altura de la mesa de trabajo. Calcule su altura adecuada, que satisfaga al 95 % de los operarios. Para ello utilice la información de la tabla, tomada a los 20 operarios del taller, desde la posición de pie. Los resultados de la muestra son:

| Operario | Altura del codo (cm) | Operario | Altura del codo (cm) |
|----------|----------------------|----------|----------------------|
| 1        | 109                  | 11       | 95                   |
| 2        | 98                   | 12       | 96                   |
| 3        | 97                   | 13       | 97                   |
| 4        | 101                  | 14       | 98                   |
| 5        | 112                  | 15       | 104                  |
| 6        | 92                   | 16       | 96                   |
| 7        | 94                   | 17       | 95                   |
| 8        | 98                   | 18       | 97                   |
| 9        | 103                  | 19       | 108                  |
| 10       | 105                  | 20       | 105                  |

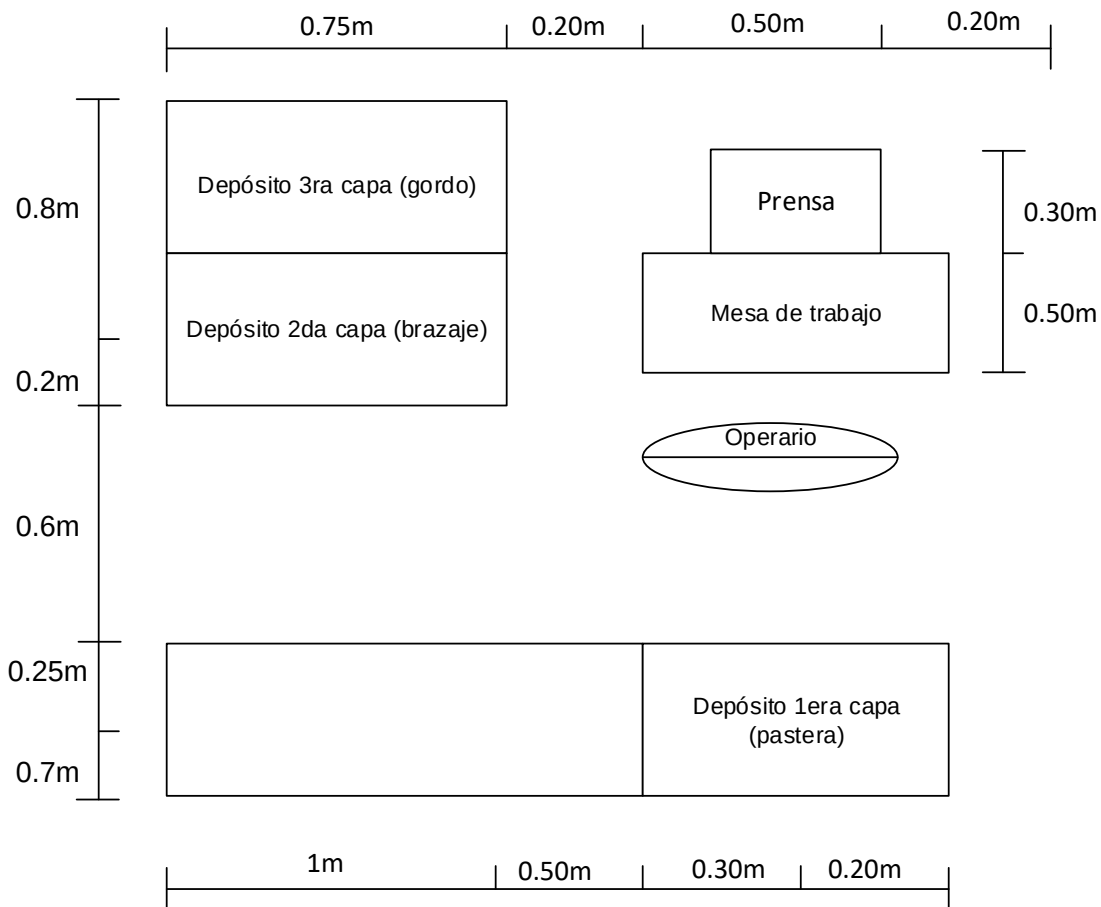


**Figura No 1:** Distribución actual del puesto de trabajo.

**Solución a la pregunta No 1:** Descripción del método de trabajo actual del operario mosaísta.

Como se estudia una operación en la cual los movimientos del operario en el puesto, definen la magnitud de la productividad del trabajo, se decide utilizar un diagrama bimanual para registrar los hechos relacionados con el método actual.

**Diagrama bimanual del operario mosaísta. (Método actual).**

|                                           |                                                                                     |                                                                                     |                                           |    |       |    |      |    |  |
|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|----|-------|----|------|----|--|
| Diagrama No.:                             | Hoja No.:                                                                           | Resumen                                                                             |                                           |    |       |    |      |    |  |
| Taller: Fábrica de Mosaicos               |                                                                                     | Método                                                                              | Actual                                    |    | Prop. |    | Dif. |    |  |
| Proceso: Producción                       |                                                                                     |                                                                                     | MI                                        | MD | MI    | MD | MI   | MD |  |
| Operación: conformación del mosaico.      |                                                                                     | Acción                                                                              | 10                                        | 20 |       |    |      |    |  |
| Trabajador:                               |                                                                                     | Movimiento                                                                          | 11                                        | 19 |       |    |      |    |  |
| Método: Actual:                           | Prop:                                                                               | Sostener                                                                            | --                                        | -- |       |    |      |    |  |
| Confeccionado por:                        |                                                                                     | Demora                                                                              | 18                                        | -- |       |    |      |    |  |
| Fecha:                                    |                                                                                     | Total                                                                               | 39                                        | 29 |       |    |      |    |  |
| Descripción                               | Símbolos                                                                            |                                                                                     | Descripción                               |    |       |    |      |    |  |
|                                           | M.I                                                                                 | M.D.                                                                                |                                           |    |       |    |      |    |  |
| Inactiva                                  |  |  | Hacia la mesa de trabajo                  |    |       |    |      |    |  |
| Inactiva                                  |  |  | Toma el cucharín                          |    |       |    |      |    |  |
| Inactiva                                  |  |  | Hacia la pastera (1ra capa)               |    |       |    |      |    |  |
| Inactiva                                  |  |  | Toma la pasta con el cucharín             |    |       |    |      |    |  |
| Inactiva                                  |  |  | Hacia el molde en la mesa                 |    |       |    |      |    |  |
| Inactiva                                  |  |  | Vierte la pasta en molde                  |    |       |    |      |    |  |
| Inactiva                                  |  |  | Hacia la mesa                             |    |       |    |      |    |  |
| Inactiva                                  |  |  | Suelta el cucharín                        |    |       |    |      |    |  |
| Hacia el depósito de 2 <sup>da</sup> capa |  |  | Hacia el depósito de 2 <sup>da</sup> capa |    |       |    |      |    |  |
| Toma 2 <sup>da</sup> capa con las manos   |  |  | Toma 2 <sup>da</sup> capa con las manos   |    |       |    |      |    |  |
| Hacia el molde                            |  |  | Hacia el molde                            |    |       |    |      |    |  |
| Derrama 2 <sup>da</sup> capa en el molde  |  |  | Derrama 2 <sup>da</sup> capa en molde     |    |       |    |      |    |  |
| Hacia el depósito de 3 <sup>ra</sup> capa |  |  | Hacia el depósito de 3 <sup>ra</sup> capa |    |       |    |      |    |  |
| Toma 3 <sup>ra</sup> capa con las manos   |  |  | Toma 3 <sup>ra</sup> capa con las manos   |    |       |    |      |    |  |
| Hacia el molde                            |  |  | Hacia el molde                            |    |       |    |      |    |  |
| Derrama 3 <sup>ra</sup> capa en el molde  |  |  | Derrama 3 <sup>ra</sup> capa en el molde  |    |       |    |      |    |  |
| Inactiva                                  |  |  | Hacia la mesa                             |    |       |    |      |    |  |

|                           |                                                                                     |                                                                                     |                             |
|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Inactiva                  |    |    | Toma la galga               |
| Inactiva                  |    |    | Hacia el molde lleno        |
| Inactiva                  |    |    | Pasa galga para nivelar     |
| Inactiva                  |    |    | Hacia la mesa               |
| Inactiva                  |    |    | Suelta la galga             |
| Hacia la tapa             |    |    | Hacia la tapa               |
| Toma la tapa              |    |    | Toma la tapa                |
| Hacia el molde            |    |    | Hacia el molde              |
| Fija tapa                 |    |    | Fija tapa                   |
| Hacia el molde            |    |    | Hacia el molde              |
| Tomar el molde            |    |    | Tomar el molde              |
| Hacia la prensa           |    |    | Hacia la prensa             |
| Coloca molde              |    |    | Coloca molde                |
| Inactiva                  |    |    | Hacia el mando de la prensa |
| Inactiva                  |    |    | Toma el mando de la prensa  |
| Inactiva                  |    |    | Acciona el mando            |
| Inactiva                  |   |   | Suelta el mando             |
| Hacia el molde            |  |  | Hacia el molde              |
| Toma molde                |  |  | Toma molde                  |
| Retira de la prensa       |  |  | Retira de la prensa         |
| Hacia el área de tableros |  |  | Hacia el área de tableros   |
| Coloca molde              |  |  | Coloca molde                |

### **Solución a la pregunta No 2:** Examen crítico del método actual del operario.

El primer aspecto a analizar es el balance del trabajo de las manos. Como se observa en el resumen del método actual, que aparece en extremo superior derecho del cajetín, la mano derecha realiza la mayor cantidad de elementos activos, que son los que hacen crecer la productividad, mientras que la mano izquierda permanece inactiva por casi medio ciclo de trabajo, realizando labores más bien de transporte.

Veamos cómo se cumplen los principios de economía de movimientos en esta operación:

#### **A: Utilización del cuerpo humano:**

- Las dos manos, al estar desbalanceado su trabajo, no comienzan y completan sus movimientos a la vez.

- Los movimientos de los brazos no se realizan simultáneamente y en direcciones opuestas y simétricas, debido a la deficiente distribución de los suministros y otras áreas del puesto.
- Se realizan sucesivos movimientos complejos (sobre todo de torso y desplazamientos en el área del puesto) buscando las tres mezclas, presando y depositando el producto final.
- El operario recorre varios metros en un mismo ciclo de trabajo.

**B: Relacionados con la distribución del lugar de trabajo.**

- Los materiales utilizados, la prensa y el depósito de producto, no están situados cerca y frente al operario.
- Los materiales y herramientas no están situados de forma que permita el uso del orden de movimientos sencillos.
- La altura de la mesa de trabajo no es la adecuada. El operario debe levantar mucho los brazos.
- El ancho de la mesa es excesivo (50 cm), cuando el molde posee 30 cm. Esto aleja más la prensa que se encuentra por detrás de esta.
- La capacidad de los depósitos es baja, lo que obliga a constantes reaprovisionamientos del obrero auxiliar.

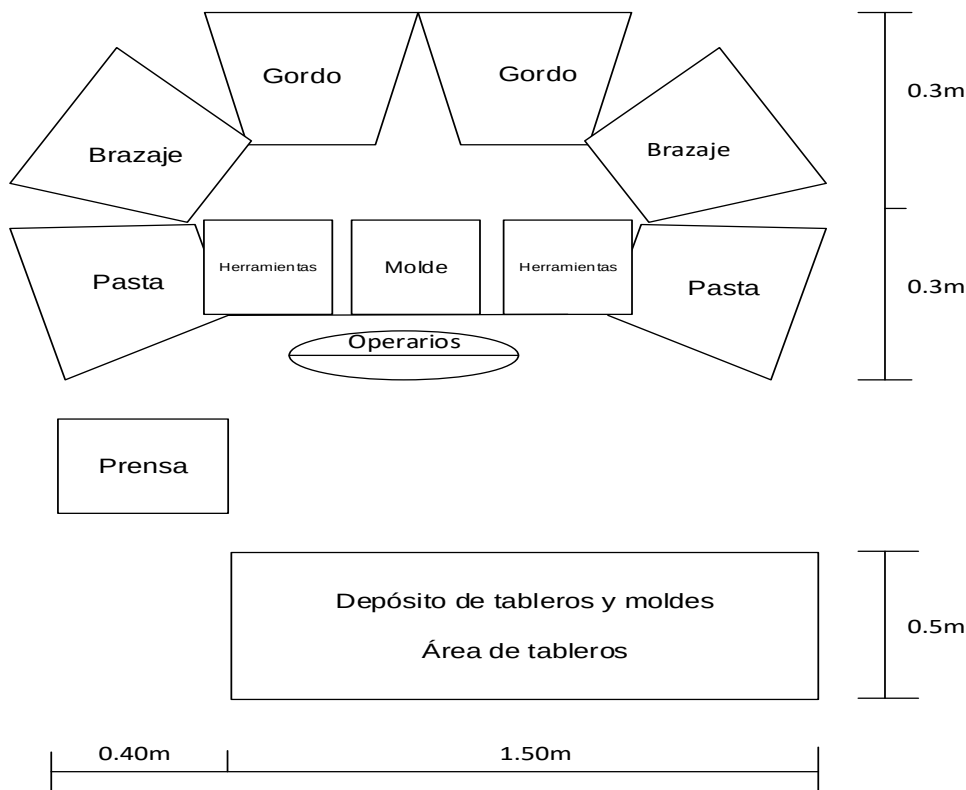
**C: Relacionados con el diseño de herramientas y equipos.**

- Se utiliza un cucharín para la primera capa (pasta), y se coloca el brazaje y el gordo con las manos. Esto deshumaniza el trabajo.
- Se deben combinar dos tipos de cuchara de albañil para el llenado del molde. Un cucharín para la pasta y una cuchara grande para el resto.
- La cuchara no está colocada en una posición previa para su uso.

**Solución a la pregunta No 3: Propuesta de un nuevo método de trabajo para el operario, que incluye una nueva distribución del puesto de trabajo.**

Después del examen crítico, se analizan varias propuestas de métodos y se decide establecer uno nuevo con las siguientes consideraciones:

Rediseñar el área de trabajo de forma tal que los suministros y depósitos principales estén situados al frente o al costado del operario. Utilizar dos tipos de cucharas, con capacidad para realizar un llenado efectivo del molde y cambiar la posición de la prensa. Este diseño se presenta en la figura No 2.



Con el nuevo diseño, se realiza de nuevo el diagrama bimanual que aparece a continuación:

**Diagrama bimanual del operario mosaísta. (Método mejorado).**

| Diagrama No.:                        | Hoja No.:                                                                           | Resumen                                                                             |                      |    |       |    |      |    |  |
|--------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|----|-------|----|------|----|--|
| Taller: Fábrica de Mosaicos          |                                                                                     | Método                                                                              | Actual               |    | Prop. |    | Dif. |    |  |
| Proceso: Producción                  |                                                                                     |                                                                                     | MI                   | MD | MI    | MD | MI   | MD |  |
| Operación: conformación del mosaico. |                                                                                     | Acción                                                                              | 10                   | 20 | 14    | 19 | +4   | -1 |  |
| Trabajador:                          |                                                                                     | Movimiento                                                                          | 11                   | 19 | 14    | 14 | +8   | 0  |  |
| Método:                              | Actual:                                                                             | Prop:                                                                               | Sostener             | -- | --    | -- | --   | -- |  |
| Confeccionado por:                   |                                                                                     | Demora                                                                              | 18                   | -- | 5     | -- | -13  |    |  |
| Fecha:                               |                                                                                     | Total                                                                               | 39                   | 29 | 28    | 33 | -11  | +4 |  |
| Descripción                          | Símbolos                                                                            |                                                                                     | Descripción          |    |       |    |      |    |  |
|                                      | M.I                                                                                 | M.D.                                                                                |                      |    |       |    |      |    |  |
| Hacia cucharín                       |  |  | Hacia cucharín       |    |       |    |      |    |  |
| Toma cucharín                        |  |  | Toma cucharín        |    |       |    |      |    |  |
| Hacia depósito pasta                 |  |  | Hacia depósito pasta |    |       |    |      |    |  |
| Coge pasta                           |  |  | Coge pasta           |    |       |    |      |    |  |
| Hacia molde                          |  |  | Hacia molde          |    |       |    |      |    |  |

|                            |                                                                                     |                                                                                     |                            |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| Vierte pasta en molde      |    |    | Vierte pasta en molde      |
| Hacia herramientas         |    |    | Hacia herramientas         |
| Deja cucharín              |    |    | Deja cucharín              |
| Toma cuchara grande        |    |    | Toma cuchara grande        |
| Hacia depósito brazaje     |    |    | Hacia depósito brazaje     |
| Toma brazaje               |    |    | Toma brazaje               |
| Hacia molde                |    |    | Hacia molde                |
| Vierte brazaje en molde    |    |    | Vierte brazaje en molde    |
| Hacia depósito de gordo    |    |    | Hacia depósito de gordo    |
| Toma gorda (1ra vez)       |    |    | Toma gorda (1ra vez)       |
| Hacia molde                |    |    | Hacia molde                |
| Vierte gordo en molde      |    |    | Vierte gordo en molde      |
| Hacia depósito de gordo    |    |    | Hacia depósito de gordo    |
| Toma gorda (2da vez)       |    |    | Toma gorda (2da vez)       |
| Hacia molde                |    |    | Hacia molde                |
| Vierte gordo en molde      |    |    | Vierte gordo en molde      |
| Hacia herramientas         |    |    | Hacia herramientas         |
| Deja cuchara               |  |  | Deja cuchara               |
| Inactiva                   |  |  | Toma galga                 |
| Inactiva                   |  |  | Hacia molde                |
| Inactiva                   |  |  | Pasa galga a molde         |
| Inactiva                   |  |  | Hacia herramientas         |
| Inactiva                   |  |  | Deja galga                 |
| Hacia molde                |  |  | Hacia molde                |
| Coge molde                 |  |  | Coge molde                 |
| Hacia depósito de tableros |  |  | Hacia depósito de tableros |
| Deposita molde             |  |  | Deposita molde             |

#### **Solución a la pregunta No 4: Cálculo de la altura de la mesa de trabajo.**

Se conoce que la altura de la mesa es de 100 cm y se quiere satisfacer al 95 % de la población de operarios, por tanto, para un nivel de confianza del 95 %,  $\beta = 1.645$  según la tabla siguiente.

| B     | PERCENTILES |
|-------|-------------|
| 2,326 | 99,00       |
| 1,88  | 97,00       |
| 1,645 | 95,00       |

Para el cálculo de la altura que satisface al 95 % de los operarios se utiliza la expresión:

$$X_{95} = \bar{X} - \beta S.$$

Se toman y procesan los datos aportados en el ejercicio.

| Obrero | Altura del codo<br>( $X_i$ ) | $(X_i - \bar{X})$ | $(X_i - \bar{X})^2$ |
|--------|------------------------------|-------------------|---------------------|
| 1      | 109                          | 9                 | 81                  |
| 2      | 98                           | -2                | 4                   |
| 3      | 97                           | -3                | 9                   |
| 4      | 101                          | 1                 | 1                   |
| 5      | 112                          | 12                | 144                 |
| 6      | 92                           | -8                | 64                  |
| 7      | 94                           | -6                | 36                  |
| 8      | 98                           | -2                | 4                   |
| 9      | 103                          | 3                 | 9                   |
| 10     | 105                          | 5                 | 25                  |
| 11     | 95                           | -5                | 25                  |
| 12     | 96                           | -4                | 16                  |
| 13     | 97                           | -3                | 9                   |
| 14     | 98                           | -2                | 4                   |
| 15     | 104                          | 4                 | 16                  |
| 16     | 96                           | -4                | 16                  |
| 17     | 95                           | -5                | 25                  |
| 18     | 97                           | -3                | 9                   |
| 19     | 108                          | 8                 | 64                  |
| 20     | 105                          | 5                 | 25                  |
| Total  | $\bar{X} = 100 \text{ cm}$   |                   | $\sum = 586$        |

Del procesamiento se obtiene:

$$\bar{X} = 100 \text{ cm}$$

$$S = 5.55$$

$$X_{95} = \bar{X} - \beta S$$

$$X_{95} = 100 - 1,645 * 5.55$$

$$X_{95} = 90.87 = 91 \text{ cm}$$

### Ejercicios Propuestos de diseño antropométrico del puesto:

#### Ejercicio 1:

En los baños de una instalación hotelera en construcción se quieren colocar espejos. Para esto es necesario determinar la altura inferior que debe ser colocado el mismo si se sabe

que serán utilizados por hombres y mujeres y se pretende acomodar al 95% de la población. El espejo tiene 40 cm de largo y 30 cm de ancho.

Determine:

- a) La característica antropométrica relevante.
- b) La altura inferior del espejo si se conoce que la media y la desviación de dicha característica es 1458 mm y 55 mm respectivamente.

## Ejercicio 2

En un centro de cálculo se encuentran instaladas un grupo de microcomputadoras (30 mm de altura de teclado) sobre mesas de las dimensiones siguientes:

|                            |       |
|----------------------------|-------|
| Altura superior de la mesa | 65 cm |
| Altura inferior de la mesa | 63 cm |

Si se conocen los siguientes datos antropométricos de una muestra de la población que utilizará este centro:

Altura del muslo:  $\bar{X} = 13,7$  cm.     $S = 2,3$  cm.

Altura poplítea:  $\bar{X} = 44,7$  cm.     $S = 2,6$  cm.

Altura del codo:  $\bar{X} = 24,1$  cm.     $S = 3,2$  cm.

Evalúe ergonómicamente el diseño del puesto de trabajo y proponga las modificaciones que considere necesarias.

## Ejercicio 3

A lo largo del techo de un ómnibus está situado un tubo para que los pasajeros se sostengan a una altura de 179 cm del suelo, cuenta para sus cálculos con la estatura promedio y el alcance máximo del brazo (con agarre) de pie de la población adulta. Determine:

- a) ¿A qué altura debe estar colocado el tubo para que la población se encuentre cómoda?
- b) ¿Qué porcentaje de la población adulta podrá utilizar el tubo?

### Datos

Estatura:  $\bar{X} = 161$  cm     $S = 11$  cm

Alcance máximo del brazo:  $\bar{X} = 181$  cm     $S = 6$  cm



**Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez"**

**Facultad de Ingeniería**

**Departamento Ingeniería Industrial**

**Asignatura: Organización de Procesos y puestos.**

**Tema III:** Continuación. Estudio de métodos en puestos multimáquinas. Coordinación del trabajo. Diagrama de hombre máquina.

**Conferencia 12.**

**Sumario:**

1. Coordinación del trabajo.
2. Diagrama de hombre máquina.

**Introducción:**

Control de asistencia.

**Rememoración de contenidos del tema anterior:**

- Hacer énfasis en el procedimiento general para el estudio de los métodos en el lugar de trabajo. Especificar en el caso de los estudios de movimientos.

**Aclaración de dudas y consolidación del tema anterior:**

Considerar los objetivos del tema anterior:

1. Explicar los movimientos fundamentales y los principios de economía de movimientos, como parte de la organización del puesto de trabajo.
2. Utilizar el diagrama bimanual como herramienta para registrar los métodos actuales y proyectados.
3. Diseñar antropométricamente los puestos de trabajo.

**Control del estudio independiente y evaluación:**

Recogida y análisis de los ejercicios orientados en la clase anterior.

**Introducción - Motivación: Planteamiento del problema a resolver en la clase.**

La teoría de la atención a múltiples máquinas en su surgimiento tuvo una aplicación casi exclusiva en la esfera de la producción material. En los últimos tiempos esta teoría se ha expandido a las actividades de servicios en todas sus manifestaciones. Esta teoría resuelve la necesidad de optimizar las relaciones (la coordinación) de los componentes de un puesto de trabajo para lograr los mejores indicadores de productividad.

**Planteamiento de los objetivos:**

1. Explicar la teoría de la coordinación del trabajo y sus usos.
2. Aplicar el diagrama de actividades múltiples en el registro de los métodos.

## **Desarrollo:**

### **1. Estudio de los métodos de trabajo en los procesos en que el trabajo se realiza de forma coordinada entre uno o varios hombres con uno o varios equipos.**

El segundo nivel de análisis del trabajo corresponde a la operación, se parte sobre la base de que en ésta intervienen los siguientes elementos.

- a) El hombre.
- b) La máquina.
- c) Las herramientas.
- d) El lugar de trabajo.

Se puede decir entonces que el objeto de analizar las operaciones es racionalizar el uso de dichos elementos, haciendo más eficiente el trabajo desarrollado. A continuación, se revisarán algunas de las técnicas que más se utilizan para efectuar el registro y posteriormente el análisis de las operaciones.

**En cualquier actividad productiva o de servicio ocurre con mucha frecuencia que la ejecución de diferentes trabajos se efectúa en forma combinada donde intervienen ya sean dos o más hombres o mediante combinaciones de hombre y máquinas.**

#### **Diagrama de actividades múltiples (modalidades: hombre - máquina y de grupo)**

Se define este diagrama como la representación gráfica de la secuencia de elementos que componen las operaciones en que intervienen hombres y máquinas, y que permite conocer el tiempo empleado por cada uno, es decir, conocer el tiempo usado por los hombres y el utilizado por las máquinas.

Con base en este conocimiento se puede determinar la eficiencia de los hombres y de las máquinas con el fin de aprovecharlos al máximo.

El diagrama se utiliza para estudiar, analizar y mejorar una sola estación de trabajo a la vez. Además, aquí el tiempo es indispensable para llevar a cabo el balance de las actividades del hombre y su máquina.

#### **Pasos para realizar el diagrama:**

- Seleccionar la operación que será diagramada; se recomienda seleccionar operaciones importantes que puedan ser costosas, repetitivas y que causen dificultades en el proceso.
- Determinar dónde empieza y dónde termina el ciclo que se quiere diagramar.
- Observar varias veces la operación, para dividirla en sus elementos e identificarlos claramente.

El siguiente paso se dará cuando los elementos de la operación han sido identificados, entonces se procede a medir el tiempo de duración de cada uno.

Con los datos anteriores y siguiendo la secuencia de elementos, se construye el diagrama. El diagrama de proceso hombre-máquina, se efectúa para analizar y mejorar una sola estación de trabajo, pues existen máquinas semiautomáticas o automáticas, en las que el personal que las opera permanece ocioso cuando la máquina está funcionando, por lo que sería conveniente asignarle durante su actividad alguna otra tarea o la operación de otras máquinas. Dicho diagrama nos permitirá conocer las operaciones y tiempo del hombre, así como sus tiempos de ocio. Además, se conocerá el tiempo de actividad e inactividad de su máquina, así como los tiempos de carga y descarga de la misma.

Una vez que hemos identificado la operación que vamos a diagramar, aplicando los puntos que fueron señalados con anterioridad, se procede a la construcción del diagrama.

#### **Construcción del diagrama:**

- Seleccionar una distancia en centímetros que nos represente una unidad de tiempo. Esta selección se lleva a cabo debido a que los diagramas hombre-máquina se construyen siempre a escala. Por ejemplo, un centímetro representa un centésimo de minuto. Existe una relación inversa en esta selección, es decir, mientras más larga es la duración del ciclo de la operación menor debe ser la distancia por unidad de tiempo escogida.
- Identificar el diagrama con un título de proceso hombre-máquina. Se incluye además información tal como operación diagramada, método presente o método propuesto, número de plano, orden de trabajo indicando dónde comienza el diagramado y dónde termina, nombre de la persona que lo realiza, fecha y cualquier otra información que se juzgue conveniente para una mejor comprensión del diagrama.
- Describir los elementos que integran la operación. Hacia el extremo de la hoja se colocan las operaciones y tiempos del hombre, así como también los tiempos inactivos del mismo. El tiempo de trabajo del hombre se representa por una línea vertical continua; cuando hay un tiempo muerto o un tiempo de ocio, se representa con una ruptura o discontinuidad de la línea. Un poco más hacia la derecha se coloca la gráfica de la máquina o máquinas; esta gráfica es igual a la anterior, una línea vertical continua indica tiempo de actividad de la máquina y una discontinuidad representa inactivo. Para las máquinas, el tiempo de preparación, así como el tiempo de descarga, se representan por una línea punteada, puesto que las máquinas no están en operación, pero tampoco están inactivas.

- Colocar el tiempo total de trabajo del hombre, más el tiempo total de ocio. Así como el tiempo total muerto de la máquina.

Para obtener los porcentajes de utilización se emplean las siguientes igualdades.

*Ciclo total del operario = preparar + hacer + retirar.*

*Ciclo total de la máquina = preparar + hacer + retirar.*

*Tiempo productivo de la máquina = hacer.*

*Tiempo improductivo del operario = espera.*

*Tiempo improductivo de la máquina = ocio.*

*Porcentaje de utilización del operario = tiempo productivo del operador/ tiempo del ciclo total.*

*Porcentaje de la máquina = tiempo productivo de la máquina/ tiempo del ciclo total.*

*Tiempo improductivo de la máquina = ocio.*

### **Diagrama de proceso de grupo:**

En la actualidad, para llevar a cabo determinados procesos se cuenta con máquinas que por su magnitud no pueden ser operadas por una sola persona, sino que tienen que asignar a un grupo de hombres para controlarlas con mayor eficiencia.

El diagrama de proceso de grupos se realiza cuando se sospecha que el conjunto de personas no ha sido asignado correctamente debido a que existían tiempos de inactividad considerables. También se realiza para llevar a cabo un balanceo o una correcta asignación de las personas a una máquina determinada.

El diagrama de proceso de grupo se define como la representación gráfica de la secuencia de los elementos que componen una operación en la que interviene un grupo de hombres. Se registran cada uno de los elementos de la operación, así como sus tiempos de ocio. Además, se conoce el tiempo de actividad de la máquina y el tiempo de ocio de la misma. Al tener conocimiento de estos hechos se puede hacer un balance que permita aprovechar el máximo los hombres y las máquinas, pues este diagrama es una adaptación del diagrama hombre-máquina.

### **Pasos para su construcción:**

Para llevar a cabo este diagrama al igual que el del hombre-máquina, es necesario seguir los pasos siguientes.

- Seleccionar una máquina de gran magnitud donde se sospeche que los hombres empleados son más de los necesarios para operarla con eficiencia.
- Determinar dónde empieza y dónde termina el ciclo de la operación.

- Descomponer la operación en cada uno de sus elementos y, registrar todas las actividades de cada uno de los operadores y ayudantes.

Una vez descompuesta la operación y registrados todas las actividades de los hombres, se procede a la medición del tiempo empleado.

Con los datos anteriores se construye el diagrama.

Como es norma general en los diagramas, éste se identifica en la parte superior con el título de diagrama de proceso de grupo; además, se incluye información adicional como número de la parte, número del plano, orden de trabajo, método presente o método propuesto, fecha de elaboración del diagrama y nombre de la persona que lo realizó.

La construcción del diagrama se lleva a cabo de la misma manera que el diagrama hombre-máquina.

### **Etapas de Registro (simbología)**

En la práctica resulta útil distinguir entre el trabajo de un operario en una máquina o con otro operario y su actividad cuando está trabajando independientemente de la máquina o del otro operario. De la misma forma, es conveniente establecer una separación entre el tiempo de trabajo de una máquina cuando trabaja independientemente de un operario y cuando está siendo servida u operada por éste. También conviene separar el tiempo de espera de una máquina por el trabajador y el correspondiente ajuste, carga o descarga de la misma. Con vistas a esto se emplea la siguiente simbología:



#### **Trabajo independiente**

Para el operario esto significa trabajar independientemente de la máquina o de otro operario. Para la máquina comprende el tiempo que está ejecutando un trabajo sin los servicios del operario.

Esto sucede cuando el operario está aprovisionando y preparando el material, inspeccionando los productos terminados y ejecutando otra actividad que no está en conexión con el trabajo de la máquina u otro operario; y cuando la máquina está en operación sin ser manipulada por el operario.



#### **Trabajo combinado**

Para el operario, esta clasificación comprende el trabajar con una máquina u otro operario durante la preparación, carga y manipulación de una máquina con alimentación manual, o

trabajando con otro operario. Para la máquina implica el tiempo que está trabajando requiriendo los servicios de un operario y el tiempo en que está siendo preparada, cargada o descargada.

Es conveniente, al analizar el ciclo de trabajo, desglosar sus tiempos cuando se trabaja independientemente y cuando un factor depende de otro u otros. Las porciones de tiempo representando trabajo independiente pueden modificarse sin mayores dificultades, mientras que los intervalos representando trabajo combinado, deberán analizarse teniendo en cuenta la interrelación existente al momento de modificarse.



### **Espera o inactividad**

Esta clasificación implica la espera o inactividad, ya sea de un operario o de una máquina. Sucede cuando uno espera por causa del otro.

Debe aclararse que el trabajo de un operario que impide el funcionamiento de una máquina, pero que le permite ocuparse en la preparación de la misma (sin actuar sobre ella) se debe clasificar como trabajo independiente, y el tiempo correspondiente a la máquina como espera.

Los **diagramas de coordinación del trabajo** son muy útiles entre otros casos, para organizar brigadas de trabajadores, trabajos de hombres y máquinas en la producción en serie y para reducir los periodos de paradas de los equipos durante el mantenimiento preventivo planificado.

Las actividades de diversos operarios o de diferentes máquinas y operarios se registran en este diagrama en función del tiempo independiente, combinado y de espera.

Las diferentes combinaciones de hombres u hombres y máquinas que se pueden presentar son:

- Varios hombres participando simultáneamente en el proceso.
- Un hombre y una máquina.
- Un hombre y varias máquinas.
- Varios hombres y varias máquinas.
- Varios hombres y una máquina.

Este conjunto de diagramas es bastante similar entre sí, diferenciándose en el grado de detalle que contienen, de acuerdo con el tiempo de duración del ciclo y de las características.

### **Examen crítico del método.**

En este tipo de trabajo el análisis y proyección se desarrolla en forma similar a los casos anteriores; o sea, se aplica alguna de las técnicas de diseño, con el propósito de proyectar un método más eficiente que tienda a eliminar o reducir las esperas y actuar con igual propósito sobre el trabajo independiente. En cuanto al trabajo combinado, éste requiere un estudio más detallado aún, ya que actúa sobre más de un participante, y sus acciones están interrelacionadas entre sí, como se explicó anteriormente.

### **Lista de comprobación para diagramas de coordinación del trabajo de dos o más hombres y de varios hombres y máquina. (Propuesto por inst. de invest. Del MTSS)**

#### **Principios básicos.**

- a) Balancear el trabajo de la brigada.
- b) Si está implicada una o más máquinas, considerar el aumento de su porcentaje en uso.
- c) Facilitar el trabajo de los hombres con la mayor carga.
- d) Eliminar elementos.
- e) Combinar elementos.
- f) Hacer los elementos lo más fáciles posible.

#### **1. ¿Puede ser eliminada una acción?**

- a) Por innecesaria.
- b) Cambiando el orden del trabajo.
- c) Mediante cambios en la distribución del puesto de trabajo.
- d) Mediante equipo nuevo o diferente.

#### **2. ¿Puede ser eliminado algún movimiento?**

- a) Dejando fuera acciones.
- b) Cambiando algunas acciones a otra tarea dentro de la cual encajen más convenientemente.
- c) Cambiando equipo.
- d) Cambiando la distribución del puesto de trabajo.
- e) Cambiando el orden de trabajo.

#### **3. ¿Pueden ser eliminadas las demoras?**

- a) Cambiando el orden de trabajo.
- b) Cambiando la distribución del puesto de trabajo.
- c) Mediante equipo nuevo o diferente.

#### **4. ¿Pueden eliminarse conteos e inspecciones?**

- a) ¿Son realmente necesarios? ¿Qué sucede después de que se efectúan y se obtiene la información?
- b) ¿Están proporcionando una duplicidad innecesaria?
- c) ¿Pueden ser realizadas más convenientemente por otra persona?
- d) ¿Se están haciendo en el mejor punto de la secuencia?

**5. ¿Pueden ser combinadas las acciones?**

- e) a) Cambiando el orden de trabajo.
- f) b) Mediante un equipo nuevo o diferente.
- g) c) Cambiando la distribución del puesto de trabajo.

**6. ¿Pueden ser combinados los movimientos?**

- a) Cambiando el orden de trabajo.
- b) Cambiando la distribución del puesto de trabajo.
- c) Cambiando la cantidad manejada cada vez.

**7. ¿Pueden combinarse las demoras?**

- i. Cambiando el orden de trabajo.
- ii. Cambiando la distribución del puesto de trabajo.
- iii. Si proporcionan reposo, podrían agruparse mejor.

**8. ¿Puede cualquier elemento hacerse más seguro?**

- a) a) Cambiando el orden de trabajo.
- b) b) Mediante equipo nuevo o diferente.
- c) c) Cambiando la distribución del puesto de trabajo.

**9. ¿Puede cualquier acción hacerse más sencilla?**

- a) Mediante una acción mejor.
- b) Cambiando las posiciones de los controles o herramientas.
- c) Usando mejores recipientes de material o bien estantes, depósitos o carros.
- d) Usando la inercia cuando sea posible y evitándola cuando el trabajo debe vencerla.
- e) Disminuyendo los requerimientos visuales.
- f) Mediante altura en los lugares de trabajo.
- g) Aplicando los principios de economía de movimientos.
- h) Mediante guías o plantillas.

**10. ¿Puede cualquier movimiento hacerse más sencillo?**

- a) Cambiando la distribución, acortando la distancia.
- b) Cambiando la dirección de los movimientos.
- c) Cambiando su colocación en la secuencia, u otra en que la distancia que debe



vijarse sea más corta.

**11. ¿Puede cualquier demora de un miembro de la brigada, originada por otro miembro de la misma, ser eliminada?**

- a) Cambiando el número de obreros de la brigada.
- b) Cambiando al número de máquinas que atiende la brigada.
- c) Mediante la redistribución del trabajo entre la brigada.

**Ejemplo 1:**

En las siguientes figuras aparecen un diagrama de coordinación del trabajo y un croquis del puesto de trabajo, que reflejan el método original empleado para el corte de la madera, para su utilización en la construcción de edificios prefabricados. En su confección se usó una columna para cada obrero y una columna para la sierra. La longitud de cada sección de cada barra es proporcional al tiempo consumido en ese elemento de la operación. Debe observarse que las columnas están arregladas de forma tal que una línea horizontal, trazada a través de ellas en cualquier lugar represente las acciones simultáneas de los hombres y las máquinas.

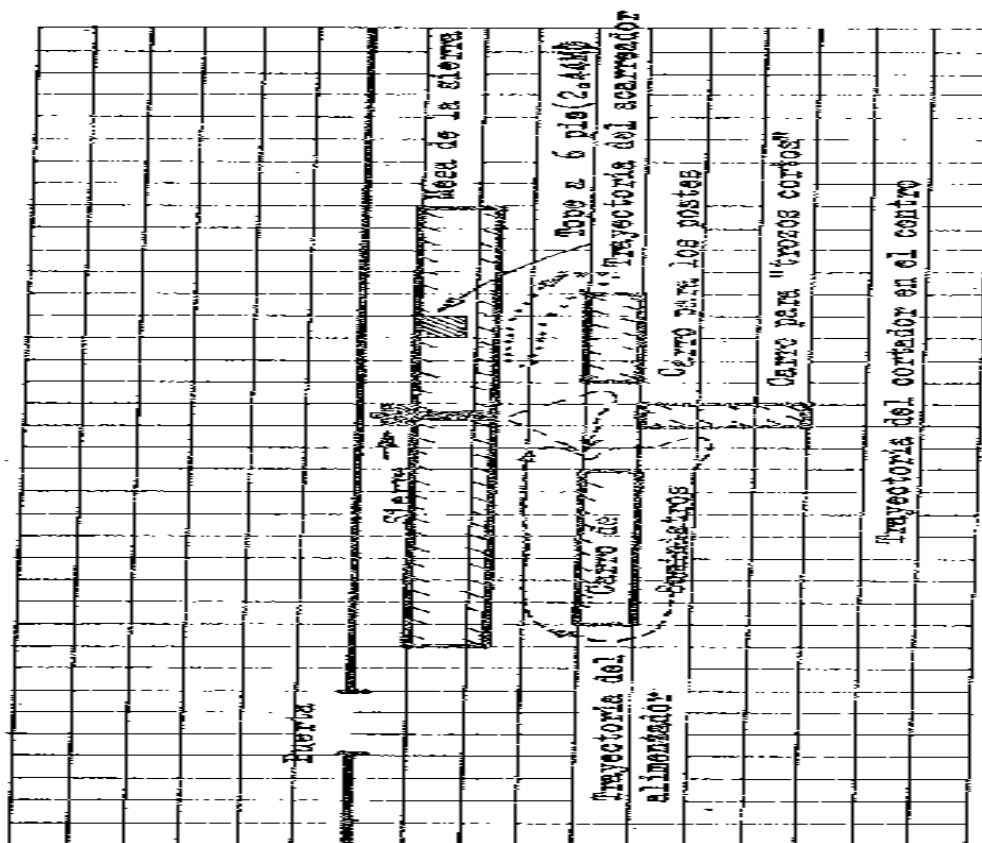
**Diagrama de Coordinación del Trabajo (Actual)**

**(1 máquina y 3 hombres)**

| Diagrama No.:                                       | Hoja No.:                           | Porcentaje de utilización del tiempo de trabajo |        |                |      |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------|--------|----------------|------|
| Taller:                                             |                                     | Concepto                                        | Actual | Proy.          | Dif. |
| Proceso:                                            |                                     | Equipos:                                        |        |                |      |
|                                                     |                                     | Sierra                                          | 15     |                |      |
| Operación:                                          |                                     |                                                 |        |                |      |
|                                                     |                                     | Hombres:                                        |        |                |      |
| Método: Actual: <input checked="" type="checkbox"/> | Propuesto: <input type="checkbox"/> | Alimentador                                     | 85     |                |      |
| Confeccionado por:                                  |                                     | Cortador                                        | 54     |                |      |
| Fecha:                                              |                                     | Acarreador                                      | 23     |                |      |
| Escala:                                             |                                     |                                                 |        |                |      |
| Coordinación hombre – hombre – equipo               |                                     |                                                 |        |                |      |
| Alimentador                                         |                                     | Cortador                                        |        | Acarreador     |      |
| Toma la pieza a la sierra                           |                                     | Toma la pieza a la sierra                       |        | Espera         |      |
| La coloca                                           |                                     | La coloca                                       |        | Espera         |      |
| Espera                                              |                                     | Corta escuadra                                  |        | Corta escuadra |      |

|                           |  |                        |  |                        |  |                  |  |
|---------------------------|--|------------------------|--|------------------------|--|------------------|--|
| Empuja a lo largo de mesa |  | Espera                 |  |                        |  | Espera           |  |
| Lleva a tope              |  |                        |  | Lleva a tope           |  |                  |  |
| Espera                    |  | Corta a longitud       |  | Espera                 |  | Corta a longitud |  |
| Al carro de trozos        |  | Llevar y colocar poste |  | Llevar y colocar poste |  |                  |  |
| Lo coloca                 |  |                        |  |                        |  | Espera           |  |
| Regresa carro suministro  |  | Espera                 |  | Espera                 |  |                  |  |
|                           |  |                        |  |                        |  |                  |  |
|                           |  |                        |  |                        |  |                  |  |
|                           |  |                        |  |                        |  |                  |  |

#### Croquis de distribución en planta (actual)



Los cambios que hicieron posible el nuevo método proyectado, que aparecen en las siguientes figuras, fueron sugeridos por las preguntas de la lista de comprobación.

Las notas que tomó el analista también se incluyen.

¿Cualquier demora de un miembro de la brigada, originada por otro miembro de la misma, puede ser eliminada?

Mediante una redistribución del trabajo entre las brigadas.

Nota: Hacer que el operario aserrador, en lugar del alimentador, coloque los trozos cortos. Concebir que el operario alimentador coloque la materia prima sobre la mesa por sí mismo (lo segundo sería imposible en la forma como se hacía el trabajo, por lo tanto, fue necesaria una mejora adicional).

**¿Cualquier acción puede hacerse más sencilla?**

Mediante guías o plantillas.

**Nota: Un poste con una punta de clavo en la parte superior (ver croquis del puesto de trabajo rediseñado) hizo posible que el operario alimentador levantara un extremo de la tira de 4,2 cm usada como materia prima, colocando su parte media sobre la punta del clavo, elevando el extremo opuesto hasta la mesa al oprimir o girar el extremo más cercano a él y después levantando este extremo, llevándolo a la mesa, para de esta forma colocar la tira de madera sobre las mesas de la sierra sin ayuda.**

Usando la inercia cuando es posible.

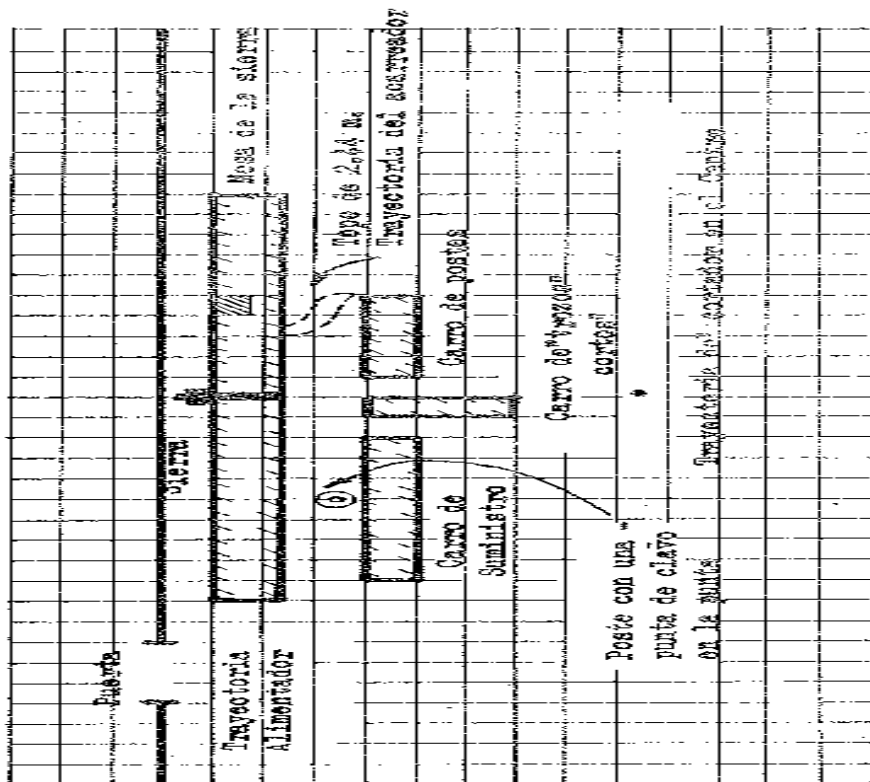
**Nota: En lugar de empujar el material todo el tiempo a lo largo de la mesa de la sierra, es posible darle un empuje para que lo deslice a su destino.**

#### Diagrama de Coordinación del Trabajo (Propuesto)

|                                          |                                                |                                                 |        |       |      |
|------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------|-------|------|
| Diagrama No:                             | Hoja No:                                       | Porcentaje de utilización del tiempo de trabajo |        |       |      |
| Taller:                                  |                                                | Concepto                                        | Actual | Proy. | Dif. |
| Proceso:                                 |                                                | Equipos:                                        |        |       |      |
|                                          |                                                | Sierra                                          | 15     | 29    | 14   |
| Operación:                               |                                                |                                                 |        |       |      |
|                                          |                                                | Hombres:                                        |        |       |      |
| Método: Actual: <input type="checkbox"/> | Propuesto: <input checked="" type="checkbox"/> | Alimentador                                     | 85     | 86    | 1    |
| Confeccionado por:                       |                                                | Cortador                                        | 54     | 68    | 14   |
| Fecha:                                   |                                                | Acarreador                                      | 23     | 71    | 48   |
| Escala:                                  |                                                |                                                 |        |       |      |
| Coordinación hombre – hombre – equipo    |                                                |                                                 |        |       |      |
| Alimentador                              | Cortador                                       | Acarreador                                      | Sierra |       |      |

|                   |                  |                  |                  |
|-------------------|------------------|------------------|------------------|
| Levanta la pieza  | Al carro de      | El poste a carro |                  |
| Hasta la sierra y | trozos con uno   | poste            | Espera           |
| la coloca         | Lo coloca        | Lo coloca        |                  |
|                   | A la sierra      |                  |                  |
| Espera            | Corta a          | A la mesa de la  | Corta a          |
|                   | escuadra         | sierra           | escuadra         |
| La impulsa a lo   |                  | Espera           |                  |
| largo de la mesa  | Espera           |                  | Espera           |
| Regresa al carro  |                  | La coloca hasta  |                  |
| de suministro     |                  | el tope          |                  |
| Toma la pieza     | Corta a longitud | Espera           | Corta a longitud |
|                   |                  |                  |                  |
|                   |                  |                  |                  |
|                   |                  |                  |                  |
|                   |                  |                  |                  |

### Croquis de distribución en planta (Propuesto)



**Conclusiones generales de la clase.****Generalización de los contenidos orientados:**

Resumir el procedimiento general para el estudio de los métodos de trabajo, especificando el uso del diagrama de actividades múltiples.

**Orientación del trabajo independiente:**

1. Estudiar a profundidad el contenido orientado en la clase y el ejemplo propuesto.

**Bibliografía:**

Marsan, J. y colectivo de autores. Ingeniería de Métodos.

Niebel, B. W, Freivalds, A. Métodos, estándares y diseño del trabajo

Kanawaty, G., Introducción al Estudio del Trabajo

Salvendy, G., John. Handbook of Industrial Engineering.

Instituto de estudios e investigaciones del trabajo. Recomendaciones metodológicas para el estudio de los métodos de trabajo. Febrero/2003

**Nexo- motivación de la próxima clase:**

Consolidar el estudio de métodos en puestos multimáquinas mediante ejemplos propuestos en la clase práctica.

**Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez"**

**Facultad de Ingeniería**

**Departamento Ingeniería Industrial**

**Asignatura:** Organización de Procesos y Puestos.

**Tema II: Estudios de Métodos a nivel de procesos.**

**Clase Práctica No. 8: Modalidad a distancia.**

**Sumario:**

1. Estudio de métodos en puestos multimáquinas. Coordinación del trabajo.

**Objetivo:**

3. Ejercitar la teoría de la coordinación del trabajo mediante la aplicación del diagrama de actividades múltiples.

**Bibliografía:**

- Marsán, J. Y colectivo de autores. Ingeniería de Métodos.
- Kanawaty, G. Introducción al Estudio del Trabajo.

**Desarrollo:**

En la clase práctica se muestra la solución de dos ejercicios relacionados con la teoría de la coordinación del trabajo teniendo en cuenta la aplicación del diagrama de actividades múltiples.

**Ejercicios Resueltos:**

**Ejercicio 1:**

Durante el periodo de ensayo de un nuevo convertidor en una fábrica de productos de química orgánica fue necesario hacer comprobaciones muy frecuentes del estado del catalizador. Se hizo un estudio a los efectos de que el convertidor estuviese fuera de servicio el menor tiempo posible durante las inspecciones. En el método original se comenzaba a quitar la tapa del recipiente solo después de desmontar los calentadores, y éstos no se montaban de nuevo antes de terminar por completo la colocación de la tapa.

En la figura, el electricista y su ayudante tenían que quitar los calentadores antes de que el ajustador y su ayudante procedieran a separar la tapa del recipiente; por consiguiente, los últimos tenían que esperar a que los primeros concluyeran su labor. Al terminar la operación no se colocaban los calentadores hasta que no estuviera colocada la tapa, y el electricista y el ayudante tenían que esperar a su vez.

### Diagrama de Coordinación del Trabajo (Actual)

|                                                     |                                     |                                                 |                  |                                    |      |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------|------------------|------------------------------------|------|
| Diagrama No:                                        | Hoja No:                            | Porcentaje de utilización del tiempo de trabajo |                  |                                    |      |
| Taller:                                             |                                     | Concepto                                        | Actual           | Proy.                              | Dif. |
| Proceso:                                            |                                     | Equipos:                                        |                  |                                    |      |
|                                                     |                                     |                                                 |                  |                                    |      |
| Operación:                                          |                                     | Hombres:                                        |                  |                                    |      |
|                                                     |                                     | Elect y ayud.                                   | 62               |                                    |      |
| Método: Actual: <input checked="" type="checkbox"/> | Propuesto: <input type="checkbox"/> | Ajust. y ayud.                                  | 54               |                                    |      |
| Confeccionado por:                                  |                                     | Montador                                        | 31               |                                    |      |
| Fecha:                                              |                                     | Operario proc.                                  | 23               |                                    |      |
| Escala:                                             |                                     |                                                 |                  |                                    |      |
| Coordinación hombre – hombre – equipo               |                                     |                                                 |                  |                                    |      |
| Elec. y ayud.                                       |                                     | Ajust. y ayud.                                  | Montador         | Operario proc.                     |      |
| Quita calentadora                                   |                                     | Soltar tapa                                     | Espera           |                                    |      |
| Reparación en taller                                |                                     |                                                 | Fija accesorios  | Espera                             |      |
|                                                     |                                     | Quita tapa                                      | Quita tapa       |                                    |      |
| Espera                                              |                                     | Espera                                          | Espera           | Inspeccionar o ajustar catalizador |      |
|                                                     |                                     | Coloca tapa                                     | Coloca tapa      |                                    |      |
|                                                     |                                     | Ajusta tapa                                     | Quita accesorios | Espera                             |      |
| Coloca calentador                                   |                                     | Espera                                          | Espera           |                                    |      |
|                                                     |                                     |                                                 |                  |                                    |      |

Para el diseño del nuevo método se empleó el examen crítico, poniéndose de manifiesto que no era necesario esperar a que se quitaran los calentadores para retirar la tapa.

Como puede apreciarse en la siguiente figura, al soltar la tapa mientras se quitan los calentadores y al ajustarla al propio tiempo que los mismos se colocan después de inspeccionados, se logra una economía del 32% del tiempo requerido para realizar la inspección.

### Diagrama de Coordinación del Trabajo (Propuesto)

|                                                     |                                     |                                                 |        |                  |                                    |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------|--------|------------------|------------------------------------|
| Diagrama No:                                        | Hoja No:                            | Porcentaje de utilización del tiempo de trabajo |        |                  |                                    |
| Taller:                                             |                                     | Concepto                                        | Actual | Proy.            | Dif.                               |
| Proceso:                                            |                                     | Equipos:                                        |        |                  |                                    |
|                                                     |                                     |                                                 |        |                  |                                    |
| Operación:                                          |                                     | Hombres:                                        |        |                  |                                    |
|                                                     |                                     | Elect y ayud.                                   | 62     | 80               | 18                                 |
| Método: Actual: <input checked="" type="checkbox"/> | Propuesto: <input type="checkbox"/> | Ajust. y ayud.                                  | 54     | 70               | 13                                 |
| Confeccionado por:                                  |                                     | Montador                                        | 31     | 60               | 29                                 |
| Fecha:                                              |                                     | Operario proc.                                  | 23     | 30               | 7                                  |
| Escala:                                             |                                     |                                                 |        |                  |                                    |
| Coordinación hombre – hombre – equipo               |                                     |                                                 |        |                  |                                    |
| Elec. y ayud.                                       |                                     | Ajust. y ayud.                                  |        | Montador         | Operario proc.                     |
| Quita calentadora                                   |                                     | Soltar tapa                                     |        | Espera           |                                    |
| Reparación en taller                                |                                     | Quita tapa                                      |        | Fija accesorios  | Espera                             |
|                                                     |                                     |                                                 |        | Quita tapa       |                                    |
| Espera                                              |                                     | Espera                                          |        | Espera           | Inspeccionar o ajustar catalizador |
| Coloca calentador                                   |                                     | Coloca tapa                                     |        | Coloca tapa      | Espera                             |
|                                                     |                                     | Ajustar tapa                                    |        | Quita accesorios |                                    |
|                                                     |                                     |                                                 |        | Espera           |                                    |
|                                                     |                                     |                                                 |        |                  |                                    |
|                                                     |                                     |                                                 |        |                  |                                    |
|                                                     |                                     |                                                 |        |                  |                                    |
|                                                     |                                     |                                                 |        |                  |                                    |
|                                                     |                                     |                                                 |        |                  |                                    |



### Ejemplo 2:

Cierta compañía recibe un pedido para fabricar 10 000 unidades de un producto que requiere una sola operación de moldeo en su fabricación. El pedido deberá estar terminado en 26 semanas.

En la fábrica se trabajan 88 horas por semana, pudiendo trabajarse hasta el 40% de tiempo extra. Los tiempos estimados para cada uno de los elementos de la operación son:

cargar material en máquina 4.0 min

Moldear (automático) 20.0 min

Descargar la parte terminada 2.0 min

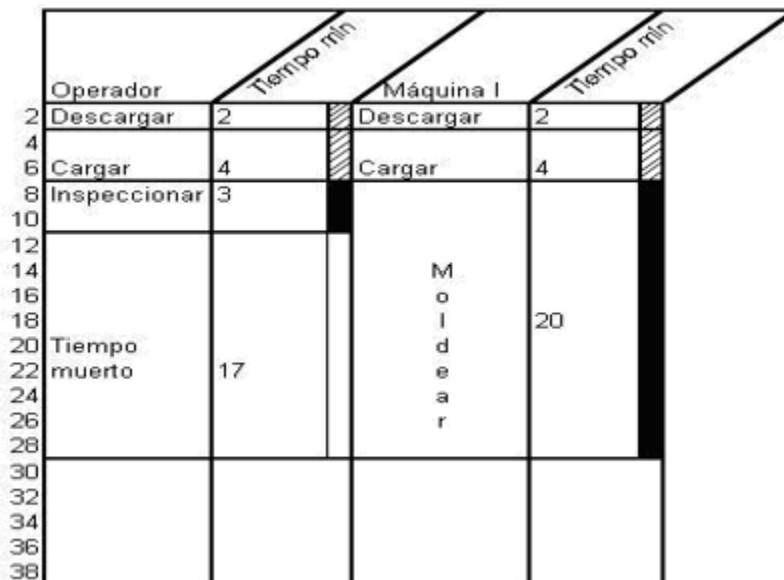
Inspeccionar 3.0 min

Caminar de máquina a máquina 1.0 min

El ciclo utilizado en la determinación de costos se acostumbra corregir aumentándole un suplemento del 15%. Sólo se dispone de un operario y 3 máquinas. Los costos son salario del operador \$500.00 / hora normal, \$750.00/hora extra; costo variable de máquina 100/hora. Material \$150.00 por unidad.

Costo de preparación y montaje \$40.000 / montaje por máquina. Se desea encontrar el método de producción más económico para fabricar el pedido, aplicando el método diagrama hombre-máquina.

a) Un hombre atendiendo una máquina



Ciclo = 26 min.

Tiempo estándar por pieza =  $26 \times 1.15 = 29.9$  min/pza.

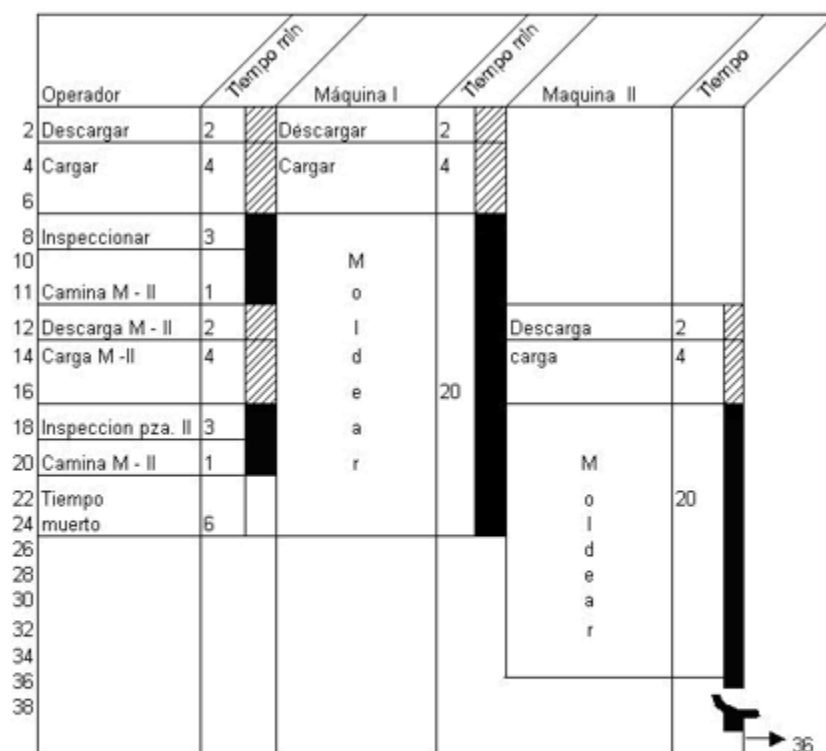
Pieza ´ hora =  $60 / 29.9 = 2$

Tiempo para 10 000 piezas =  $10\ 000 / 2 = 5000$  horas

Se cuenta con un tiempo total de 26 semanas \* 88 horas/semana = 2 288 horas, 1 144 horas normales \* 40 % tiempo extra = 3 203.2 hr.

No se puede terminar a tiempo el trabajo.

b) un hombre atendiendo dos máquinas.



Tiempo del ciclo = 26 min, obteniendo dos piezas.

Tiempo estándar por pieza =  $\frac{26 \times 1.15}{2} = 195$

Pzas./ hora =  $\frac{60}{195} = 3.076$

Tiempo para 10 000 piezas. =  $10\ 000 / 3.076 = 2\ 660$

Se trabajan 2 288 horas normales  
 372 horas extra  
 Total  $\leq 2\ 660$  horas

El costo será

|               |                   |                |
|---------------|-------------------|----------------|
| Material      | = 10 000 * 150    | = 1 500 000.00 |
| Tiempo normal | = 2 288 * 500     | = 1 144 000.00 |
| Tiempo extra  | = 372 * 750       | = 279 000.00   |
| Costo máquina | = 2 660 * 2 * 100 | = 532 000.00   |
| Costo montaje | = 40 000 * 2      | = 80 000.00    |
| Total         |                   | = 3 535 000.00 |

c) Un hombre operando 3 máquinas

| Operador            | Tiempo min | Máquina I | Tiempo min | Máquina II | Tiempo min | Máquina III | Tiempo min |
|---------------------|------------|-----------|------------|------------|------------|-------------|------------|
| Descargar           | 2          | Descargar | 2          |            |            |             |            |
| Cargar              | 4          | Cargar    | 4          |            |            |             |            |
| Inspeccionar        | 3          |           |            |            |            |             |            |
| Camina M -II        | 1          |           |            |            |            |             |            |
| Descarga M -II      | 2          |           |            | Descarga   | 2          |             |            |
| Carga M -II         | 4          |           |            | Cargar     | 4          |             |            |
| Inspección pza. II  | 3          |           |            |            |            |             |            |
| Camina M -III       | 1          |           |            |            |            |             |            |
| Descarga M -II      | 2          |           |            |            |            | Descarga    | 2          |
| Cargar M -III       | 4          |           |            |            |            | Cargar      | 4          |
| Inspección pza. III | 3          |           |            |            |            |             |            |
| Camina M -I         | 1          |           |            |            |            |             |            |
|                     |            |           |            |            |            |             |            |

El tiempo del ciclo es 30 min obteniendo 3 piezas.

Tiempo estándar por pieza =  $30 \times 11.5 / 3 = 11.5$

Piezas por hora=60/11.5 =5.21

Tiempo para 10 000 piezas. =  $10\,000/5.21 = 1\,920$  hr

Se trabajan sólo horas normales.

Costo

|               |   |        |   |       |   |              |
|---------------|---|--------|---|-------|---|--------------|
| Material      | = | 10 000 | * | 150   | = | 1 500 000.00 |
| Tiempo        | = | 1920   | * | 150   | = | 960 000.00   |
| Costo máquina | = | 1920   | * | 3*100 | = | 576 000.00   |
| Costo montaje | = | 40 000 | * | 3     | = | 120 000.00   |
|               |   |        |   |       |   | <hr/>        |
|               |   |        |   | Total |   | 3 156 000.00 |

La solución más económica es producir el lote de 10 000 piezas utilizando un hombre que opere tres máquinas, la producción se completará en

$1\,920/88 = 21.81$  semanas a un costo de \$315.6 por pieza.

**Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez"**

**Facultad de Ingeniería**

**Departamento Ingeniería Industrial**

**Asignatura: Organización de Procesos y puestos.**

**Tema III:** Continuación. Estudio de métodos en puestos mecanizados, por aparatos (labores de inspección, vigilancia y control) y puestos de servicio.

**Conferencia 13.**

**Sumario:**

Estudio de métodos en puestos mecanizados, por aparatos (labores de inspección, vigilancia y control) y puestos de servicio.

**Introducción:**

Control de asistencia.

**Rememoración de contenidos del tema anterior:**

- Hacer énfasis en el procedimiento general para el estudio de los métodos en puestos mecanizados y en puestos de servicio.

**Aclaración de dudas y consolidación del tema anterior:**

Considerar los objetivos del tema anterior:

1. Explicar la teoría de la coordinación del trabajo y sus usos.
2. Aplicar el diagrama de actividades múltiples en el registro de los métodos.

**Control del estudio independiente y evaluación:**

Recogida y análisis de los ejercicios orientados en la clase anterior.

**Introducción - Motivación: Planteamiento del problema a resolver en la clase.**

En los procesos productivos en que el hombre realiza trabajos de inspección, vigilancia y regulación su participación en el sistema es menor, aunque de gran importancia y su acción es mayormente mental.

**Planteamiento de los objetivos:**

1. Explicar en qué consiste el estudio de métodos en puestos mecanizados y de servicio.

**Desarrollo:**

**Estudio de los métodos de trabajo en los procesos en que el hombre realiza funciones de inspección, vigilancia y regulación.**

Para el estudio de estos sistemas se utilizan las siguientes técnicas:

1. **Análisis funcional.**

Consiste en un registro detallado de los requerimientos del sistema y un diagrama de

bloques mostrando las distintas funciones a realizar y sus relaciones, especificando: objetivos, condiciones de operación, comportamientos y restricciones.

**Ejemplo:**

**Cargo:** Operador de equipo de radiolocalización (radar)

**Objetivo:** Operar y atender radares manuales y automáticos

| Requerimiento                                            | Descripción                                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. Características mínimas necesarias de los operadores: | <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Visión: 20 – 20</li> <li>◆ Estatura: 164 cm – 180 cm</li> <li>◆ Examen físico: normal</li> <li>◆ Audición buena</li> <li>◆ Voz clara</li> <li>◆ Edad: 16 a 27 años</li> </ul>        |
| 2. Condiciones de operación                              | <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Condiciones de operación</li> <li>◆ Espacio cerrado: soterrado</li> <li>◆ Labor: sedentaria de 6 horas</li> <li>◆ Iluminación baja</li> <li>◆ Temperatura: 20 – 32 grados</li> </ul> |
| 3. Restricciones                                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>◆ Nivel escolar: secundaria</li> <li>◆ Adiestramiento: cursos establecidos</li> </ul>                                                                                                  |

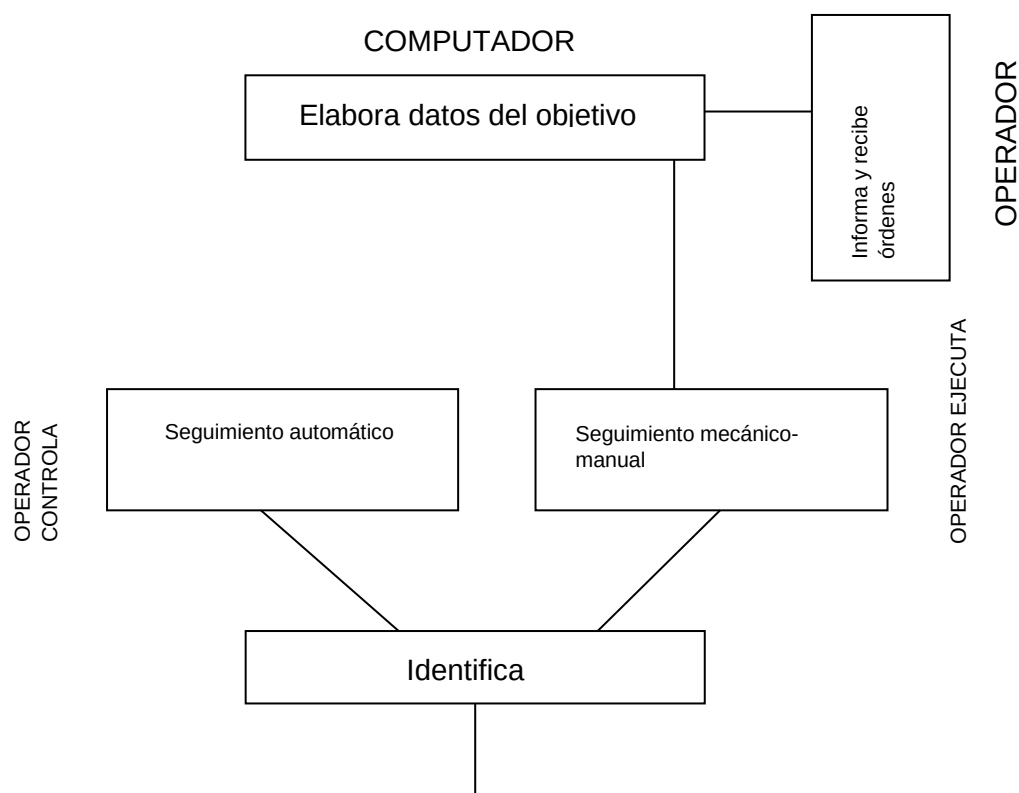


**Figura 1:** Diagrama de bloques del análisis funcional.

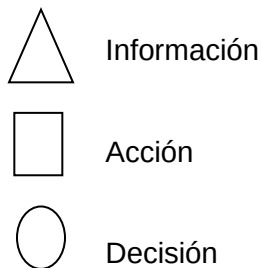
## 2. Análisis de las decisiones:

Consiste en un análisis de las decisiones hechas sobre la base de la información transmitida y de las acciones resultantes que deben ser ejecutadas. El primer paso consiste en la determinación de todas las funciones que debe realizar el operador. Estas funciones se transforman en facilidades o medidas de operación, contestando las preguntas siguientes:

- a) ¿Qué decisiones debe tomar el operador para ejecutar cada una de sus funciones?
- b) ¿Qué información se requiere para tomar las decisiones?
- c) ¿Qué acción se necesita para ejecutar la decisión adoptada?

Respondiendo estas preguntas, quedan definidos qué indicadores y controles hacen falta, para de ahí especificar las facilidades o medidas necesarias.

Para representar la toma de decisiones se utiliza un diagrama con estos símbolos, el cual se muestra en la figura 2.



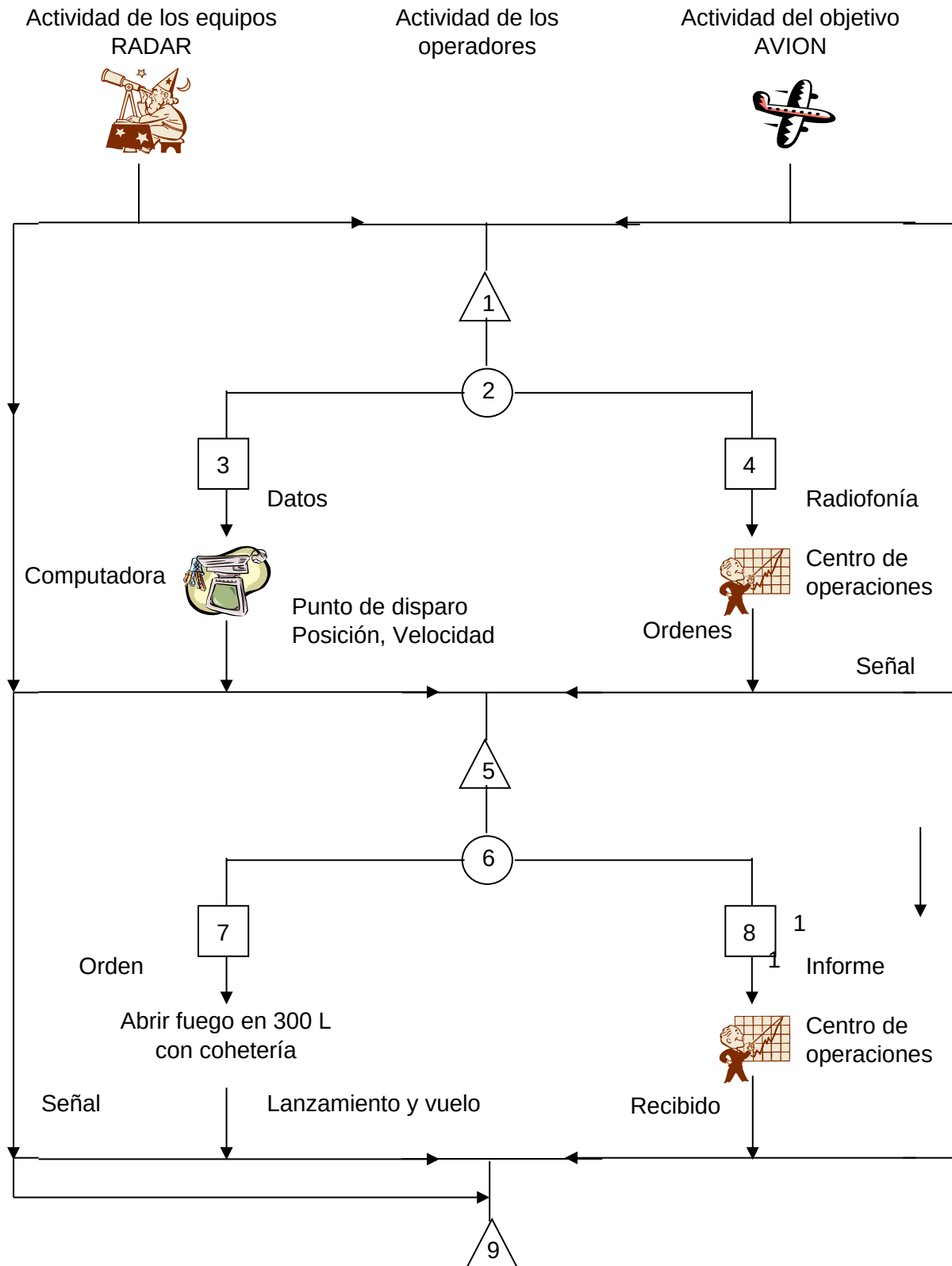


**Figura 2.** Análisis de las decisiones.

### 3. Análisis del contenido de trabajo:

Consiste en la descripción detallada de deberes a realizar por el trabajador o por el grupo de trabajadores para realizar correctamente una actividad.

Este tipo de análisis está basado en entrevistas detalladas con trabajadores de experiencia en la realización de tareas similares y en los requerimientos operacionales del sistema. Es útil para registrar el total de actividades a realizar y su complejidad.

La información que debe incluirse es la siguiente:

- Descripción general de los deberes del operador.
- Descripción general de las tareas a realizar.
- Descripción específica de cada tarea.
- Una ponderación de las tareas en función de la importancia relativa de unas con otras.

#### Ejemplo:

Contenido de trabajo del operador de radar.

| Deberes                                                                                        | Tareas generales                                                            | Tareas específicas                                                                                                                               | Peso Esp. |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| Vigilar la zona II del espacio aéreo.                                                          | Vigilar espacio II, identificar y elegir el tipo de objetivo.               | Determinar tipo de avión. Características operacionales. Armamento.                                                                              | 10        |
| Localizar y comunicar datos objetivos del enemigo al Centro de Operaciones y ejecutar órdenes. | Comunicar datos al centro de operaciones y calcular parámetros de objetivo. | Suministrar datos a computadora para obtener puntos de disparo. Comunicar datos a centro de operaciones y bases coheteriles. Seguir el objetivo. | 9<br>10   |
| Comunicar datos a las bases antiaéreas.                                                        | Comunicar orden y posición de disparo a las bases antiaéreas.               | Mantener y comprobar el funcionamiento del radar y de los equipos auxiliares.                                                                    | 8         |
| Mantener y comprobar el equipo.                                                                | Comprobar y mantener el equipo. Llevar documento.                           | Llevar modelo de registro de órdenes. Comprobaciones y mantenimiento.                                                                            | 5         |

### 4. Análisis de la actividad:

No es más que un estudio de las actividades realizadas por el hombre haciendo el trabajo que se le asignó.

Este análisis puede hacerse por fotografía, autofotografía o muestreo. Es muy útil para conocer de forma relativa la importancia de varias actividades y de las demandas que estas hacen del esfuerzo, capacidades y tiempo del observador, así como para determinar necesidades de personal en algunos casos.



| Simb. | Gráfico | Actividad          | %  |
|-------|---------|--------------------|----|
| VZ    |         | Vigilancia Zonal   | 30 |
| RL    |         | Radio Localización | 22 |
| I     |         | Inactividad        | 18 |
| CP    |         | Comprobación       | 10 |
| MN    |         | Mantenimiento      | 5  |
| CO    |         | Comunicación       | 15 |

100 %

**Figura 3.** Actividad del Operador del Radar.

#### 5. Análisis de las conexiones.

Esta técnica, conocida como teoría de las conexiones, sirve para determinar la mejor disposición de los hombres y las máquinas al realizar un trabajo.

##### Requisitos básicos:

Se presupone que para la aplicación de esta técnica está determinado exactamente:

- La cantidad de operarios.
- La cantidad de máquinas o equipos.
- El contenido de trabajo y el análisis de la actividad.

Es útil para el diseño de áreas de trabajo donde se realizan funciones múltiples y para el diseño de tableros de control.

Ejemplos:

- Salón de operaciones de un hospital.
- Oficinas y equipos de un piso.
- Laboratorios.
- Salas de cálculo con máquinas convencionales o computadoras.
- Salas de diseño y prototipo.
- Pizarras de control de termoelectrónicas.
- Pizarras de aviones.

##### Criterio utilizado:

El establecimiento del mejor arreglo se realiza siempre según los siguientes criterios:

- Eliminación de interferencia.
- Importancia de la comunicación o relación.
- Frecuencia de uso.

##### Reglas:

- Haga un círculo para cada operario en el sistema y márkelo con números correspondientes a su función particular, y un cuadrado para cada elemento o equipo

- usado por un hombre y márkelo con una letra.
2. Partiendo del conocimiento sobre el uso que cada hombre hace de las máquinas (sobre la base de datos reales o simulados), dibuje una línea de conexión entre cada hombre y equipo y entre cada hombre y otro hombre que tengan relación directa en la operación del sistema.
  3. Dibuje de nuevo el diagrama resultante con el objetivo de reducir a un mínimo la cantidad de líneas que se cruzan. Si es necesario, repítalo varias veces hasta obtener la distribución más simple.
  4. Si van a considerarse otros criterios, evalúe cada conexión por los siguientes métodos:
    - a) Cuando la importancia de la conexión es el criterio a considerar, marque cada conexión según su importancia relativa.
    - b) Cuando la frecuencia de uso es el criterio, obtenga datos de la frecuencia de utilización de cada conexión o del tiempo que ella está en operación y márkela con un valor proporcional a la utilización.
    - c) Si se consideran ambos criterios, otorgue un factor de peso a cada conexión de forma tal que se obtenga un valor adecuado a la integración de ambos criterios.
  5. Dibuje el diagrama de modo que las conexiones de mayor valor sean las más cercanas y a su vez reduzcan los cruzamientos de las líneas hasta obtener la mejor distribución.
  6. Dibuje el diagrama obtenido de manera que se adapte al espacio disponible

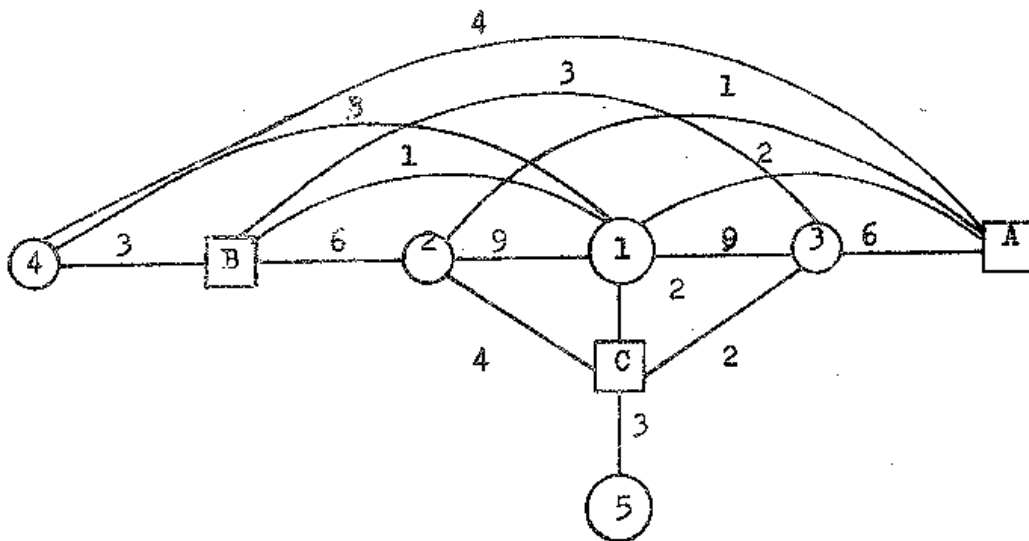


**Figura 4.** Análisis de la Conexiones. Distribución inicial.

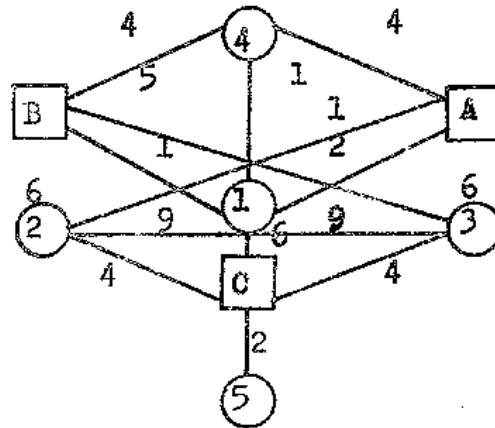


**Figura 5.** Distribución final.

#### **6. Análisis de la coordinación:**

Consiste en registrar la sucesión de actividades interdependientes de varios operarios con sus máquinas o de un operario con su máquina durante cierto periodo de tiempo, con el objetivo de observar el tiempo productivo e improductivo debido a interferencias u otras causas.

Los métodos que se utilizan son:

- Muestreo estadístico.
- Diagrama de coordinación del trabajo.
- Simulación gráfica y matemática.

Con estos datos queda estudiada de nuevo la operación del sistema para perfeccionarlo.

#### **Conclusiones generales de la clase.**

##### **Generalización de los contenidos orientados:**

Resumir el procedimiento general para el estudio de los métodos de trabajo en los procesos en que el hombre realiza funciones de inspección, vigilancia y regulación.

##### **Bibliografía:**

Marsan, J. y colectivo de autores. Ingeniería de Métodos.

Niebel, B. W, Freivalds, A. Métodos, estándares y diseño del trabajo

Kanawaty, G., Introducción al Estudio del Trabajo

Salvendy, G., John. Handbook of Industrial Engineering.

Instituto de estudios e investigaciones del trabajo. Recomendaciones metodológicas para el estudio de los métodos de trabajo. Febrero/2003

##### **Nexo- motivación de la próxima clase:**

En la próxima clase se profundizará más el estudio de los puestos mecanizados mediante la orientación de un seminario.

**Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez"**

**Facultad de Ingeniería**

**Departamento Ingeniería Industrial**

**Seminario No.3: Modalidad semipresencial.**

**Tema III:** Estudio de métodos en puestos de trabajo.

**Se debe entregar por equipos, de manera escrita o digital. Fecha de entrega en la próxima clase.**

**Se aceptan los trabajos hasta la 1: 00 pm**

**Actividades a realizar:**

1. ¿Qué es un puesto mecanizado?
2. ¿Qué es un puesto de servicio?
3. Explicar en qué consiste el estudio de métodos en puestos de vigilancia y control y en puestos de servicio.

**Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez"**

**Facultad de Ingeniería**

**Departamento Ingeniería Industrial**

**Asignatura: Organización de Procesos y puestos.**

**Tema III:** Continuación. Estudio de métodos en puestos administrativos o de oficina.

**Conferencia 14.**

**Sumario:**

1. Estudio de métodos en puestos administrativos o de oficina.

**Introducción:**

Control de asistencia.

**Rememoración de contenidos del tema anterior:**

- Hacer énfasis en el procedimiento general para el estudio de los métodos en puestos mecanizados y en puestos de servicio.

**Aclaración de dudas y consolidación del tema anterior:**

Considerar los objetivos del tema anterior:

1. Explicar en qué consiste el estudio de métodos en puestos mecanizados y de servicio.

**Control del estudio independiente y evaluación:**

Recogida y análisis del seminario orientado en la clase anterior.

**Introducción - Motivación: Planteamiento del problema a resolver en la clase.**

El estudio del trabajo está tradicionalmente relacionado con un entorno manufacturero.

El objetivo del estudio del trabajo es mejorar la eficiencia de la conversión de recursos en productos elevando así la productividad de la organización, principio que debe aplicarse a todas las partes de la empresa y no sólo a fabricación. Las oficinas utilizan recursos y éstos deben de utilizarse con eficiencia.

**Planteamiento de los objetivos:**

1. Explicar en qué consiste el estudio de métodos en puestos administrativos y de oficina.

**Desarrollo:**

Para la mayoría de las organizaciones los costos administrativos y de oficina son considerables y han ido creciendo, por lo que deben ser controlados. Los costos relacionados con el trabajo de oficina se designan frecuentemente con la expresión de "gastos generales", en el sentido de que no contribuyen directamente al producto final de la organización.

Una objeción que se opone comúnmente a la utilización del estudio de trabajo en la oficina

es que el trabajo administrativo está relacionado con la actividad mental y no puede fácilmente identificarse, observarse, medirse o analizarse. Sin embargo, en la mayoría de las oficinas el grueso del trabajo es rutinario y la actividad mental se sitúa a un nivel bastante bajo, basándose las decisiones en los precedentes de la empresa. Por otro lado, cada vez es más frecuente que las oficinas estén dotadas de medios auxiliares tecnológicos. Ese equipo es muy comparable a la maquinaria de los talleres. Los objetivos y principios siguen siendo los mismos dondequiera que se aplique el estudio del trabajo.

### **1. Procedimiento para mejorar métodos de trabajo en la oficina.**

**El procedimiento básico del estudio de métodos consiste en:**

- Seleccionar
- Registrar
- Examinar
- Idear
- Evaluar
- Definir
- Implantar
- Mantener

Este procedimiento sigue siendo válido para los estudios realizados en una oficina. La automatización y computarización de las oficinas se consideran frecuentemente como el medio principal de mejorar su eficiencia.

*Seleccionar:* La selección de la esfera o actividad a estudiar aplica los mismos principios básicos que los del estudio del trabajo en taller. La selección consiste en dos componentes: hallar las actividades que entrañan problemas o posibilidades importantes y luego darles prioridad. Se tratarán de detectar actividades que:

- Representan una proporción importante de los costos de la mano de obra administrativa (se puede usar el análisis de Pareto).
- Están produciendo un gran número de errores o errores graves.
- Están creando altos niveles de insatisfacción.
- Es preciso modificar para tener en cuenta algún cambio exterior.

Además, puede ser necesaria alguna forma de examen regular de las operaciones. Las situaciones y las personas cambian con el tiempo. Los propios empleados son otra fuente de proyectos que se han de estudiar. Los proyectos pueden surgir de la sugerencia de un empleado o de estructuras como los círculos de calidad, realizándose como un intento de toda la organización de mejorar la manera de realizar las actividades.

*Registrar.* Es en la etapa de registro en la que se observan la mayoría de los cambios evidentes cuando se compara el estudio de trabajo en el taller con el estudio en la oficina. Esto se debe a que normalmente se registran datos que son fundamentalmente diferentes. En el taller registramos los progresos o la actividad de los trabajadores, los materiales o el equipo. Los materiales son los que constituyen el proyecto final de la actividad. En la oficina no existe ningún producto final.

Los objetos materiales importantes utilizados son normalmente formularios o documentos, por lo que existen diversas técnicas que tienen por objeto registrar el contenido y la evolución de los documentos a medida que se les aplican los sistemas y procedimientos administrativos. La mayor parte del trabajo de oficina se puede inscribir en una jerarquía que incluye sistemas, procedimientos, actividades y métodos. El sistema es el plan general que vincula a los diversos departamentos en la consecución de una meta u objetivo final. Los procedimientos son sub unidades del sistema frecuentemente con relación a un documento, puesto de trabajo o individuo en particular. Cada procedimiento está constituido por cierto número de actividades. El registro a menudo sigue esta jerarquía.

Una técnica de registro útil es la descripción del procedimiento, que es un método abreviado de registrar una información completa básica acerca de lo que se hace en un procedimiento., es decir, es un registro muy sencillo, pero sirve para determinar las etapas principales de un procedimiento.

Análogamente, en esta etapa de registro resumido, es útil reunir un ejemplar de cada formulario y documento utilizado en un procedimiento particular. Los organigramas pueden utilizarse en la oficina, pero es más útil emplear una variación del organigrama conocida como diagrama de procedimiento. De hecho, se trata de un cursograma analítico de tipo documento, puesto que describe el avance de un documento o serie de documentos a lo largo de un procedimiento. Como en los procedimientos a menudo participan varios departamentos, es corriente utilizar el diagrama en un formulario constituido por columnas en la que cada una de ellas representa un departamento o sección de la organización.

*Examinar, idear, evaluar y definir.*

El examen de los datos registrados debe ser sistemático y completo; es útil proceder a un examen crítico para establecer la estructura. Una de las dificultades de la etapa de EXAMEN estriba en insistir en su importancia a pesar de que se dispone de una gama limitada de técnicas de apoyo.

Antes de implantar un nuevo método hay que evaluar varios aspectos como el costo, la facilidad o comodidad de uso, etc... Comparándolo después con el método que tenemos implantado.

#### *Implantar y mantener.*

La implantación y el mantenimiento son muy importantes ya que, si se hace una mala implantación del método, éste no dará un buen resultado. Para una buena implantación es necesario que las personas encargadas de ello tengan claro lo que tienen que hacer. Algunas organizaciones disponen de manuales de procedimientos regulares en los que están explicadas todas las rutinas administrativas. Cuando éstos existen, es vital que se mantengan actualizados.

Además, cuando un procedimiento se modifica podrán surgir algunas dificultades que puedan carecer de importancia, pero si son numerosas, juntas, podrían plantear un problema grave. Por consiguiente, conviene que la puesta en práctica esté cuidadosamente supervisada y que se puedan incluir pequeñas modificaciones antes de que los problemas se agraven.

#### **Concepción y control de formularios:**

La concepción y el control de los formularios constituyen, por consiguiente, una forma especializada del estudio de métodos más que una actividad distinta.

Los objetivos de la concepción de un formulario son idénticos a los del propio estudio de métodos: eliminar actividad y, cuando esto no es posible, aunar o simplificar las actividades. En lo que a formularios respecta, esto puede significar la supresión de formularios completos o la eliminación de asientos particulares en los formularios.

#### *Concepción de formularios:*

Un formulario debe examinarse conjuntamente con el procedimiento en el que se utiliza. El cambio de un sistema o procedimiento puede tener repercusiones automáticas en los formularios utilizados. Los formularios deben analizarse cuando el procedimiento se ha modificado. El examen realizado es el siguiente:

¿Por qué se necesita el formulario?

¿Qué información transmite?

¿Quién lo utiliza?

¿Cuándo se utiliza?

¿Dónde se utiliza?

¿Cómo se utiliza?



A continuación, se examinan y valoran las diversas respuestas a esas preguntas. Una vez que resulta evidente la existencia de un formulario podemos comenzar a diseñarlo. Al idearlo, debemos procurar que el formulario:

- Sea compatible con el empleo al que se destina: Un formulario que se prevé utilizar durante largo tiempo o en un entorno exterior, ha de tener una calidad de papel distinta a uno que se utiliza durante poco tiempo o en interiores.
- Sea fácil de completar: esto significa que el formulario debe ser claro y no tener ambigüedades. Se deben utilizar formas de opciones múltiples y asientos abreviados siempre que sea posible para ahorrar tiempo y para reducir al mínimo el número de errores.
- Sea fácil de utilizar: esto se refiere al papel que desempeña el formulario en un procedimiento una vez que ha quedado completado.

Si es necesario examinar distintos formularios utilizados en el mismo procedimiento, el diagrama en X constituye un medio útil de resumir los asientos que figuran en los diversos formularios y de poner al descubierto las superposiciones entre los formularios. Un diagrama X es simplemente una matriz que muestra todos los formularios y todos los asientos que figuran en cada formulario. Una X en una celda de la matriz indica que un formulario particular tiene un asiento determinado. Este diagrama es útil para poner al descubierto las superposiciones y duplicaciones con el fin de que los formularios se puedan agrupar.

#### *Diseño de detalles.*

Los detalles dependerán de la manera en que se utilizará el formulario. Los detalles que influyen en el diseño son:

- El proceso de archivado/recuperación.
- El itinerario que sigue el formulario a través de la organización.
- La índole de los datos inscritos en el formulario y el grado en que pueden agruparse.

#### *Control de formularios.*

La parte más importante del control de formularios estriba en realizar verificaciones regulares para poner al descubierto si todos los formularios siguen siendo necesarios para alguna función empresarial en particular.

La mejor manera de lograrlo consiste en disponer de un registro central de todos los formularios utilizados, junto con un plan de examen de cada formulario incluido en el registro.

Otros aspectos que se han de tomar en consideración son:

- El método de producción
- Las existencias
- La forma de eliminación

### **Disposición de la oficina:**

Es una extensión de la disposición de la fábrica y aplica los mismos principios y métodos. Todos los tipos de disposición salvo disposición en puestos fijos, son válidos para un entorno administrativo. Además, a menudo se discuten las ventajas relativas de las oficinas de implantación abierta o celulares. En realidad, la mayoría de las oficinas combinan ambos sistemas y la elección suele depender mucho de factores como las restricciones impuestas por los edificios existentes.

La etapa de registro de la investigación debe aportar detalles sobre el equipo utilizado, los volúmenes y corrientes de documentos, el número de empleados, las corrientes de comunicación, etc... Dispositivos como diagramas de desplazamiento suelen utilizarse para completar los datos de los diagramas de los procedimientos y proporcionar información sobre la comunicación y el contacto entre los puntos de trabajo. La mayor utilización de la tecnología en la oficina implica que la disposición en las oficinas debe tener estrictamente en cuenta las necesidades de electricidad y de servicios, de una iluminación adecuada y evitar o reducir el ruido. Además, es indispensable que los cables estén adecuadamente colocados, si no se instalan correctamente resultan antiestéticos y son un peligro para la seguridad.

### *Disposición de la oficina en planta abierta.*

La principal justificación de las oficinas en planta abierta es el costo del espacio. Estas oficinas permiten casi siempre ahorrar espacio en comparación con un conjunto de pequeñas oficinas celulares. Sin embargo, en las oficinas en planta abierta se debe prestar atención a la necesidad de garantizar el aislamiento para las actividades que lo requieren y reducir al mínimo los efectos del ruido. Las ventajas de la planta abierta son:

- Ahorro de espacio dedicado a paredes y tabiques.
- Mejora de la comunicación entre los distintos puntos de trabajo.
- Mayor flexibilidad si se necesita variar la disposición en el futuro.
- Facilidad de la supervisión del personal.
- Facilidad y disminución de costos en la limpieza de la oficina.
- Facilidad en la distribución de electricidad y servicios.

### *Estudios sobre la disposición de las oficinas.*

Un estudio sobre la disposición de las oficinas debe estar constituido por las etapas siguientes:

1. Registro de los detalles de los principales sistemas utilizados dentro de la oficina.
2. Registro de los detalles de los procedimientos administrativos que apoyan esos sistemas.
3. Examen de los métodos de trabajo empleados en esos procedimientos y realización de un estudio básico de métodos de cada uno.
4. Evaluación de la capacidad de cada parte del procedimiento, posiblemente hasta cada puesto de trabajo.
5. Análisis de los volúmenes de producción y formulación de preguntas a los altos directivos para descubrir probables tendencias futuras.
6. Determinación de las vías y frecuencias de comunicación y contacto.
7. Diseño de puestos de trabajo individuales, utilizando los principios ergonómicos.
8. Calcular las necesidades totales de los puestos de trabajo.
9. Adopción de un tipo básico de disposición.
10. Determinación de cualquier restricción externa.
11. Utilización de los datos relativos a la comunicación y los contactos para establecer una disposición esquemática que muestre el emplazamiento de diversas zonas de trabajo o de funciones de trabajo relacionadas entre sí.
12. Investigación de las soluciones de que se dispone con respecto al material físico.
13. Diseño de una disposición provisional, representando las soluciones propuestas en un plano a escala del área de trabajo.
14. Examen de la disposición provisional con los usuarios y con el departamento de servicios o del edificio.
15. Modificación de la disposición de conformidad con los resultados de las discusiones y preparación de la disposición propuesta.

### **Control de calidad en la oficina**

La pregunta relativa a la calidad más importante es siempre la misma ¿Estamos haciendo lo correcto? Sólo si se responde a esta pregunta de manera satisfactoria, se podrá prestar atención a la forma en que se está realizando algo.

El control de la calidad no se aplica en general al trabajo de la oficina. Es posible aplicar técnicas concretas de control de la calidad como las verificaciones por muestreo o la detección de errores por muestreo y, con respecto a algunas actividades, esto puede

considerarse imprescindible.

Sin embargo, es importante prestar atención al factor humano que participa en la determinación de la calidad. Este factor provoca también errores del sistema puesto que los trabajadores son parte integrante del sistema en funcionamiento. Una causa importante de errores es la falta de capacitación del personal que realiza las tareas.

Iniciativas recientes como programas de gestión de la calidad y servicio a los clientes han puesto de relieve la importancia de cada etapa de un procedimiento en la determinación de la calidad global del producto o servicio final.

### **Conclusiones generales de la clase.**

#### **Generalización de los contenidos orientados:**

Resumir el procedimiento general para el estudio de los métodos de trabajo en puestos administrativos o de oficina.

#### **Bibliografía:**

Marsan, J. y colectivo de autores. Ingeniería de Métodos.

Niebel, B. W, Freivalds, A. Métodos, estándares y diseño del trabajo

Kanawaty, G., Introducción al Estudio del Trabajo

Salvendy, G., John. Handbook of Industrial Engineering.

Instituto de estudios e investigaciones del trabajo. Recomendaciones metodológicas para el estudio de los métodos de trabajo. Febrero/2003

#### **Nexo- motivación de la próxima clase:**

En la próxima clase se profundizará el estudio de los puestos administrativos o de oficina mediante ejemplos resueltos en la clase práctica. Además, se estudiará la organización y servicio al puesto, particularmente el servicio a los medios, al objeto y a la fuerza de trabajo, así como la estimación del gasto energético, la capacidad de trabajo físico y la carga postural.

**Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez"**

**Facultad de Ingeniería**

**Departamento Ingeniería Industrial**

**Asignatura:** Organización de Procesos y Puestos.

**Tema II: Estudios de Métodos a nivel de procesos.**

**Clase Práctica No. 9: Modalidad a distancia.**

**Sumario:**

1. Estudio de métodos en puestos administrativos o de oficina.

**Objetivo:**

1. Consolidar el estudio de métodos de trabajo en puestos administrativos o de oficina mediante ejemplos resueltos.

**Bibliografía:**

- Marsán, J. Y colectivo de autores. Ingeniería de Métodos.
- Kanawaty, G. Introducción al Estudio del Trabajo.

**Desarrollo:**

El estudio de los métodos en las actividades administrativas y de servicio se lleva a cabo mediante las mismas técnicas de registro, análisis y diseño utilizadas en el estudio de las actividades productivas, teniendo en cuenta las características de cada trabajo.

Así, por ejemplo, si el trabajo estudiado tiene la característica de ser repetitivo y de que el trabajador durante el desarrollo del mismo se desplaza por determinada área, se utilizaría para el registro de la información el diagrama de proceso y el diagrama de recorrido o el diagrama de hilos y para el análisis y diseño las preguntas de las listas de comprobación utilizadas en estos casos.

Si el trabajo objeto de estudio se caracteriza por ser repetitivo y porque el trabajador no se mueve de su puesto de trabajo, entonces la técnica de registro a utilizar sería el diagrama bimanual y para el análisis y diseño las preguntas de la lista de comprobación utilizada en este caso.

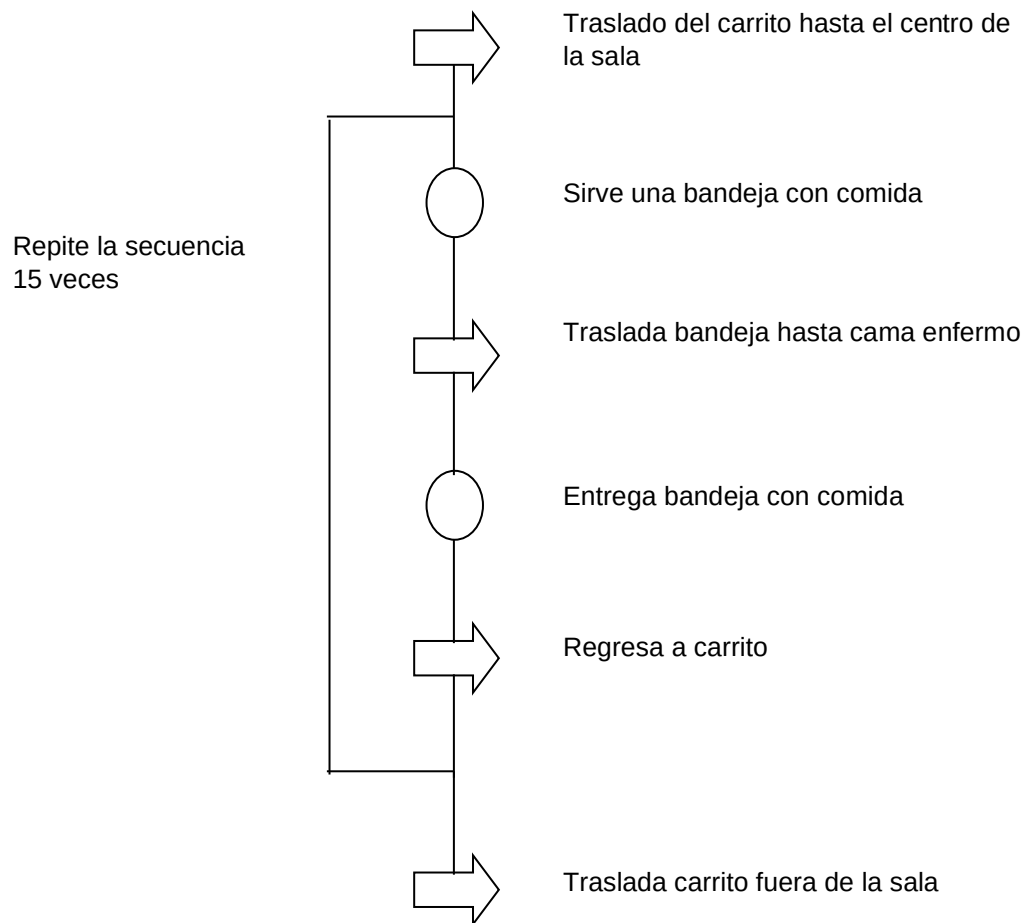
En la clase práctica se muestra la solución de dos ejercicios relacionados con los tipos de trabajos mencionados anteriormente teniendo en cuenta la aplicación del diagrama de flujo del proceso, el diagrama de recorrido y el diagrama bimanual.

## Ejemplos Resueltos:

### Ejemplo 1:

En las figuras 1 y 2 aparecen el diagrama del proceso y el diagrama de recorrido, respectivamente, correspondiente al método actualmente utilizado por una Pantrista que reparte la comida a los enfermos directamente en las camas donde se encuentran hospitalizados.

Según se observa en el mismo, el método de trabajo utilizado por la Pantrista consiste en estacionar el carrito con la comida en el centro de la sala, servir una bandeja, llevarla a la cama y regresar al carrito. Posteriormente repite la secuencia para todos los enfermos y al concluir retira el carrito de la sala.



32 operaciones, 34 traslados, 60 metros recorridos

**Figura 1:** Diagrama de Proceso (Actual)

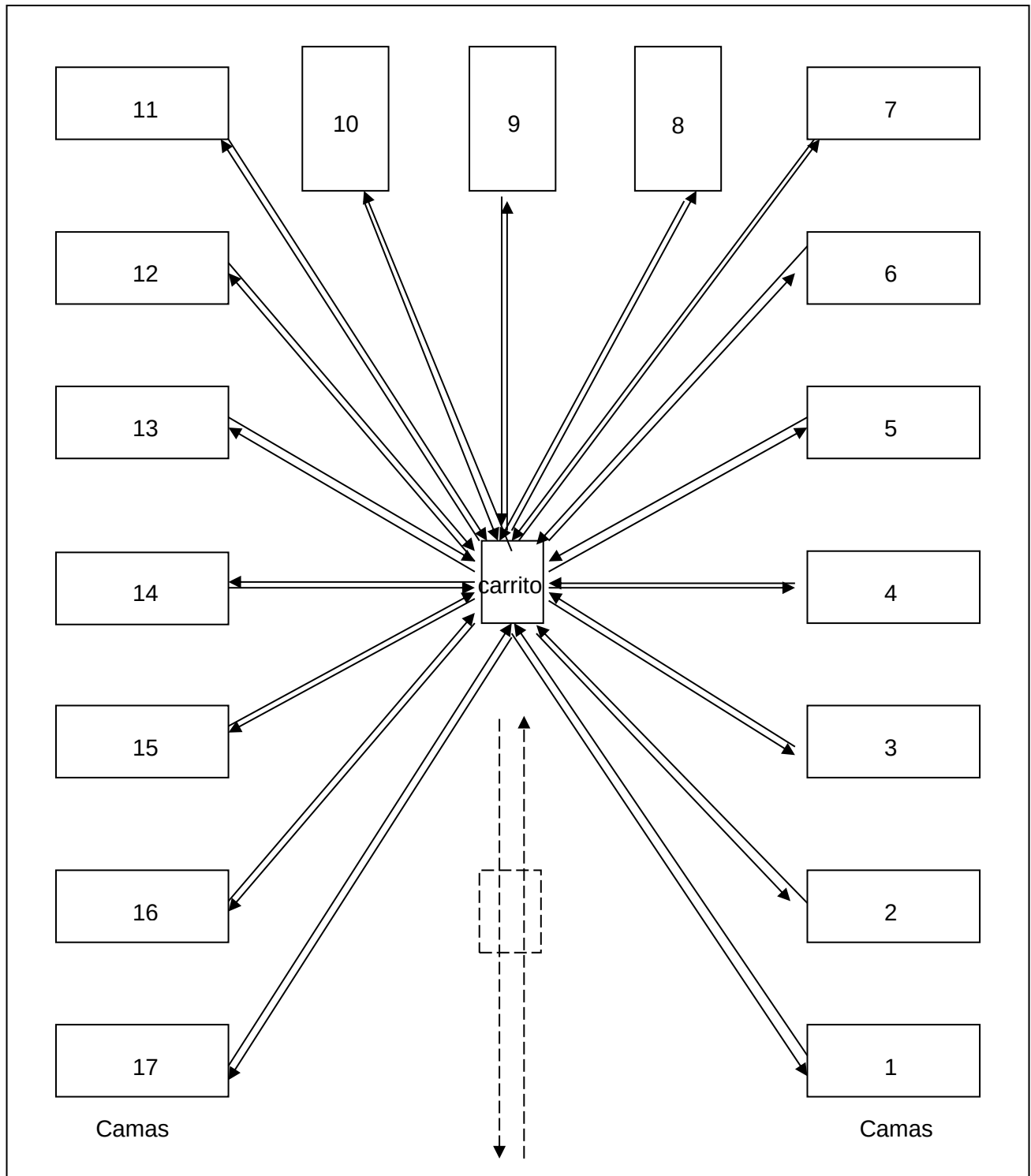


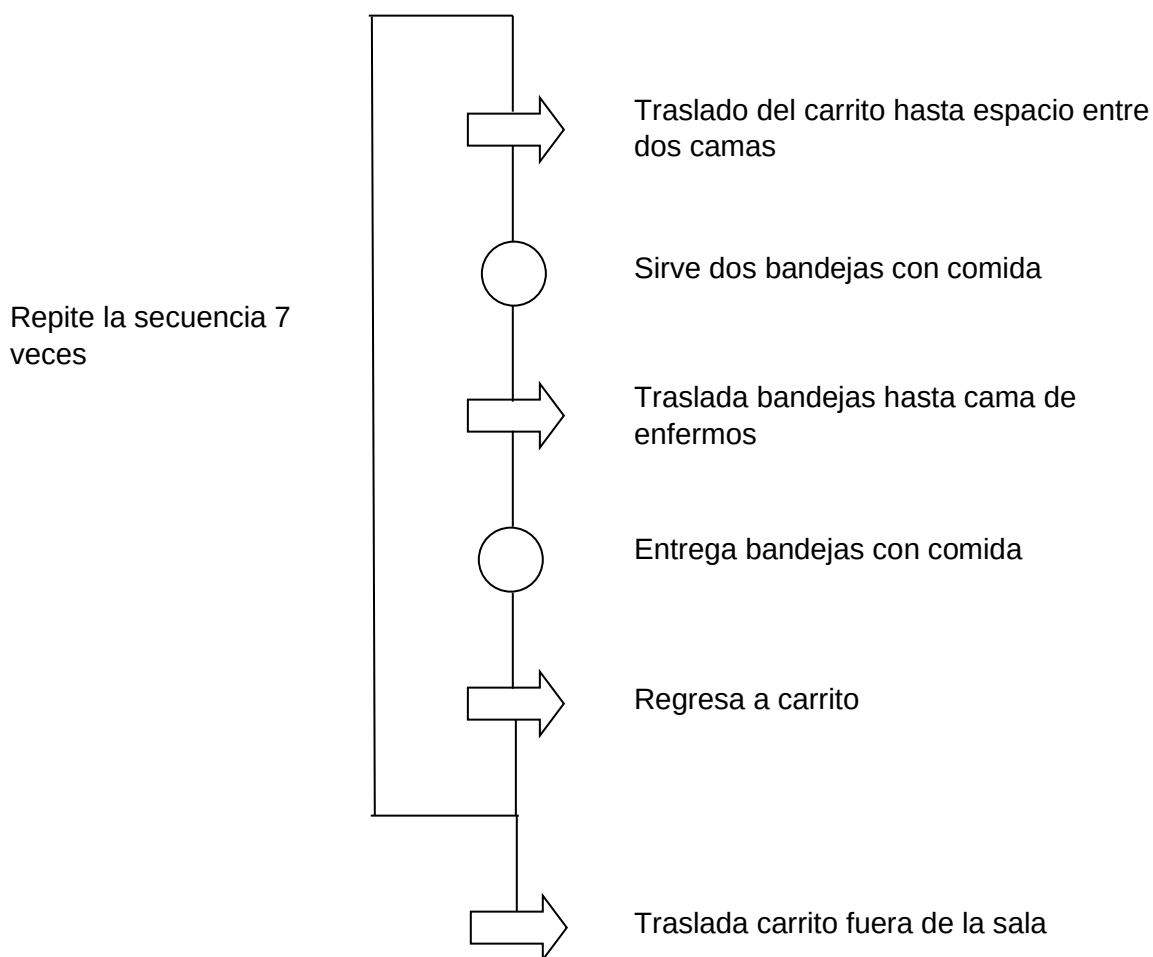
**Figura 2:** Diagrama de Recorrido (Actual)

Del análisis de la información se desprende que el procedimiento empleado por la Pantrista es inadecuado, ya que recorre mucho espacio, lo que conlleva aumento del tiempo necesario para servir las comidas a los enfermos y mayor gasto de energías, lo que implica

que se canse más.

En las figuras 3 y 4 se ofrecen los diagramas del proceso y de recorrido del método perfeccionado, en el cual la Pantrista coloca el carrito entre dos camas, sirve dos bandejas, las lleva a cada cama y regresa al carrito. Posteriormente, mueve el carrito y repite la secuencia. Al concluir retira el carrito de la sala.

Como se observa, en el nuevo método se disminuye el espacio recorrido de 60 metros a 34 metros, disminuyendo, por tanto, el tiempo necesario para servir las camas y la fatiga del trabajador. Además, se reducen las operaciones de 32 a 16 y los traslados de 34 a 25.



16 operaciones, 25 traslados, 34 metros

**Figura 3:** Diagrama de Proceso (Propuesto)



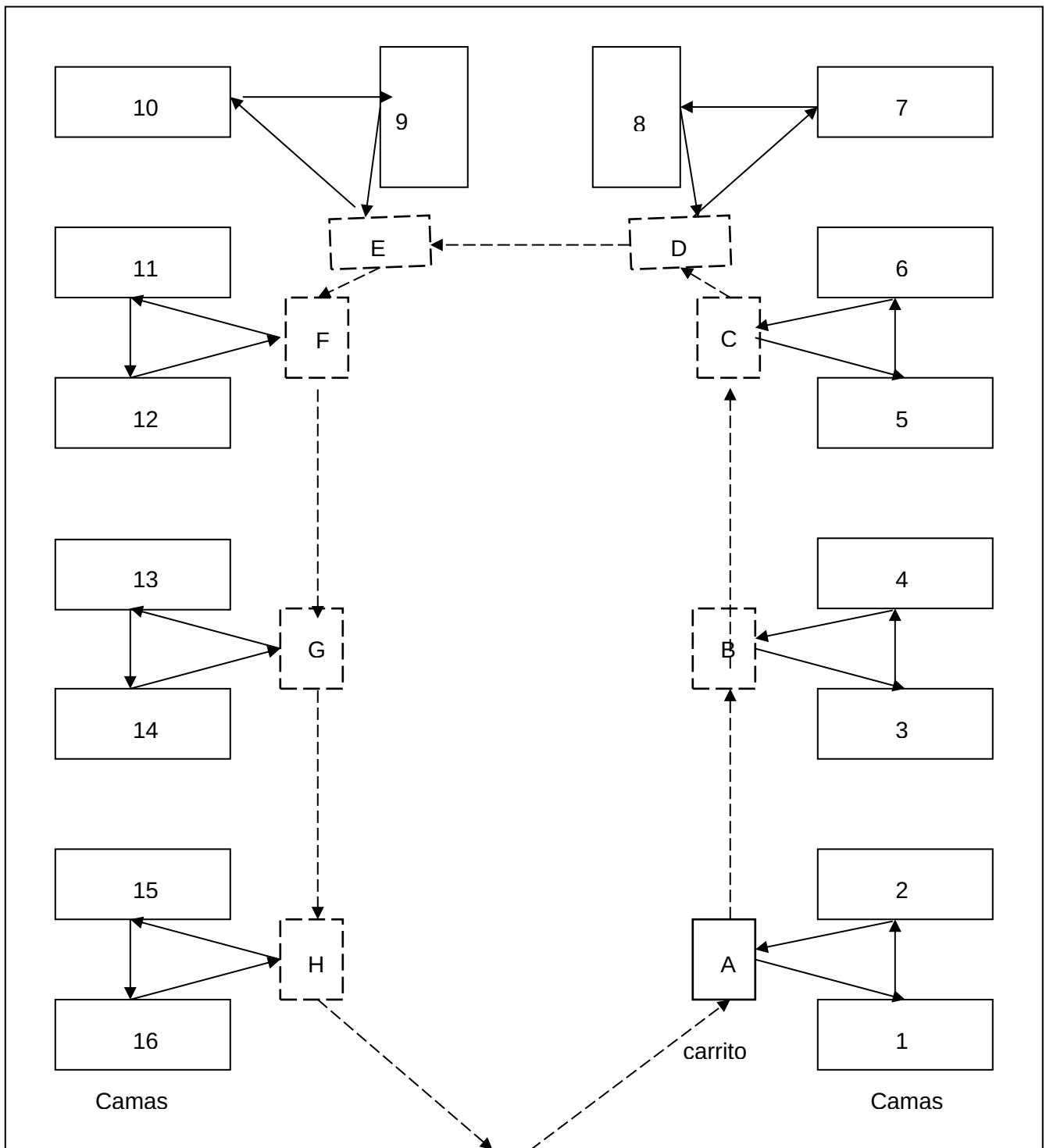


**Figura 4:** Diagrama de Recorrido (Propuesto)

### Ejemplo 2:

En la figura 1 y 2 aparece un esquema del puesto de trabajo y el diagrama bimanual, respectivamente, correspondiente a la acción de escribir una nota por un empleado de una oficina. Como se observa, el hecho de que tanto el lápiz como el papel utilizados en la redacción de la nota, se encuentren guardados en sendas gavetas del buró hace que se pierda tiempo.

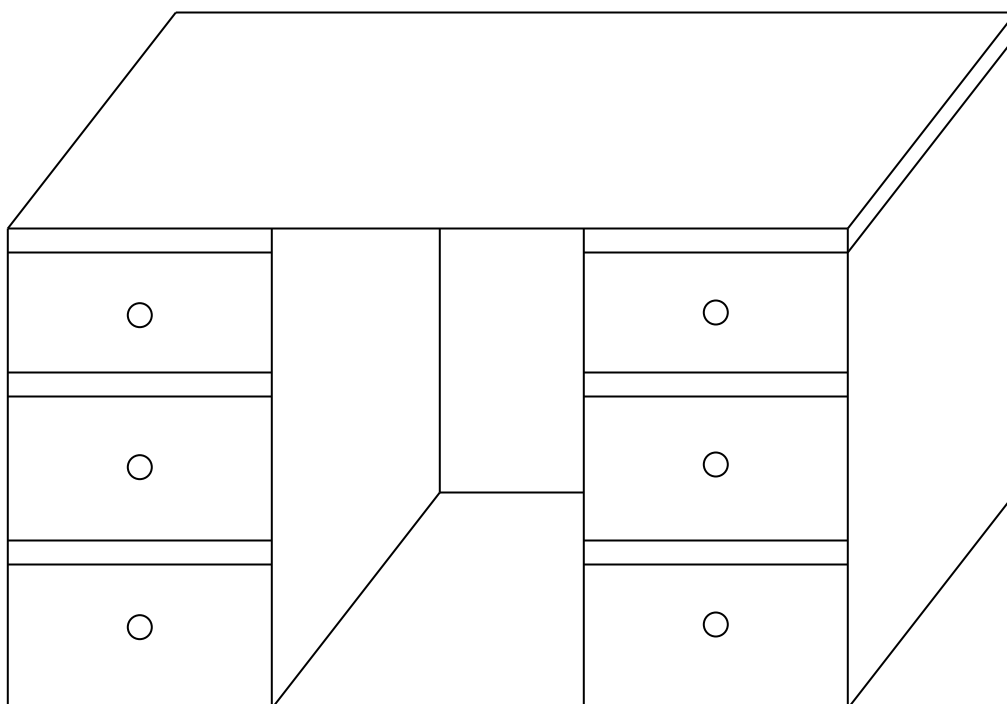


**Figura 1:** Puesto de Trabajo (Actual)

|                                                   |           |                                     |            |          |        |    |       |    |                       |  |
|---------------------------------------------------|-----------|-------------------------------------|------------|----------|--------|----|-------|----|-----------------------|--|
| Diagrama No.:                                     | Hoja No.: | RESUMEN                             |            |          |        |    |       |    |                       |  |
| Taller:                                           | Proceso:  |                                     | Método     |          | Actual |    | Prop. |    | Dif.                  |  |
| MI                                                |           |                                     |            |          | MD     | MI | MD    | MI | MD                    |  |
| Operación:                                        |           |                                     | Acción     |          |        | 5  |       |    |                       |  |
| Trabajador:                                       |           |                                     | Movimiento |          | 1      | 13 |       |    |                       |  |
| Método: Actua <input checked="" type="checkbox"/> |           | Propuesto: <input type="checkbox"/> |            | Sostener | 11     | 1  |       |    |                       |  |
| Confeccionado por:                                |           |                                     |            | Demora   | 8      | 1  |       |    |                       |  |
| Fecha:                                            |           |                                     |            | Total    | 20     | 20 |       |    |                       |  |
| Descripción                                       | Símbolos  |                                     |            |          |        |    |       |    | Descripción           |  |
|                                                   | M.I       |                                     |            |          | M.D.   |    |       |    |                       |  |
| Espera                                            | ○         | →                                   | ⌋          | ▼        | ○      | →  | ⌋     | ▽  | Al tirador 2da gaveta |  |
| Espera                                            | ○         | →                                   | ⌋          | ▼        | ●      | →  | ⌋     | ▽  | Coge el tirador       |  |
| Espera                                            | ○         | →                                   | ⌋          | ▼        | ○      | →  | ⌋     | ▽  | Hala la gaveta        |  |
| Espera                                            | ○         | →                                   | ⌋          | ▼        | ●      | →  | ⌋     | ▽  | Introduce mano        |  |
| Espera                                            | ○         | →                                   | ⌋          | ▼        | ○      | →  | ⌋     | ▽  | Coge papel            |  |
| Espera                                            | ○         | →                                   | ⌋          | ▼        | ○      | →  | ⌋     | ▽  | Vuelve al tirador     |  |
| Espera                                            | ○         | →                                   | ⌋          | ▼        | ○      | →  | ⌋     | ▽  | Empuja gaveta         |  |
| Espera                                            | ○         | →                                   | ⌋          | ▼        | ○      | →  | ⌋     | ▽  | Lleva hoja a la mesa  |  |
| Lleva mano a la hoja                              | ○         | →                                   | ⌋          | ▼        | ●      | →  | ⌋     | ▽  | Espera                |  |
| Aguanta papel                                     | ○         | →                                   | ⌋          | ▼        | ○      | →  | ⌋     | ▽  | Al tirador 1ra gaveta |  |
| Aguanta papel                                     | ○         | →                                   | ⌋          | ▼        | ●      | →  | ⌋     | ▽  | Coge el tirador       |  |
| Aguanta papel                                     | ○         | →                                   | ⌋          | ▼        | ○      | →  | ⌋     | ▽  | Hala la gaveta        |  |
| Aguanta papel                                     | ○         | →                                   | ⌋          | ▼        | ○      | →  | ⌋     | ▽  | Introduce mano        |  |
| Aguanta papel                                     | ○         | →                                   | ⌋          | ▼        | ○      | →  | ⌋     | ▽  | Coge lápiz            |  |
| Aguanta papel                                     | ○         | →                                   | ⌋          | ▼        | ○      | →  | ⌋     | ▽  | Vuelve al tirador     |  |
| Aguanta papel                                     | ○         | →                                   | ⌋          | ▼        | ●      | →  | ⌋     | ▽  | Empuja gaveta         |  |
| Aguanta papel                                     | ○         | →                                   | ⌋          | ▼        | ○      | →  | ⌋     | ▽  | Lleva lápiz a la mesa |  |
| Aguanta papel                                     | ○         | →                                   | ⌋          | ▼        | ○      | →  | ⌋     | ▽  | Sostiene lápiz        |  |
| Aguanta papel                                     | ○         | →                                   | ⌋          | ▼        | ○      | →  | ⌋     | ▽  | Lleva lápiz a papel   |  |
| Aguanta papel                                     | ○         | →                                   | ⌋          | ▼        | ○      | →  | ⌋     | ▽  | Escribe nota          |  |

**Figura 2:** Diagrama Bimanual (Actual)

En las figuras 3 y 4 aparece el puesto de trabajo proyectado y el diagrama bimanual, respectivamente. Se ofrece una variante posible de método perfeccionado, en el cual se ha dispuesto que tanto el lápiz como el papel estén disponibles en lugares previstos para ello encima del buró, con lo que se eliminan movimientos innecesarios y por consiguiente se ahorra tiempo.

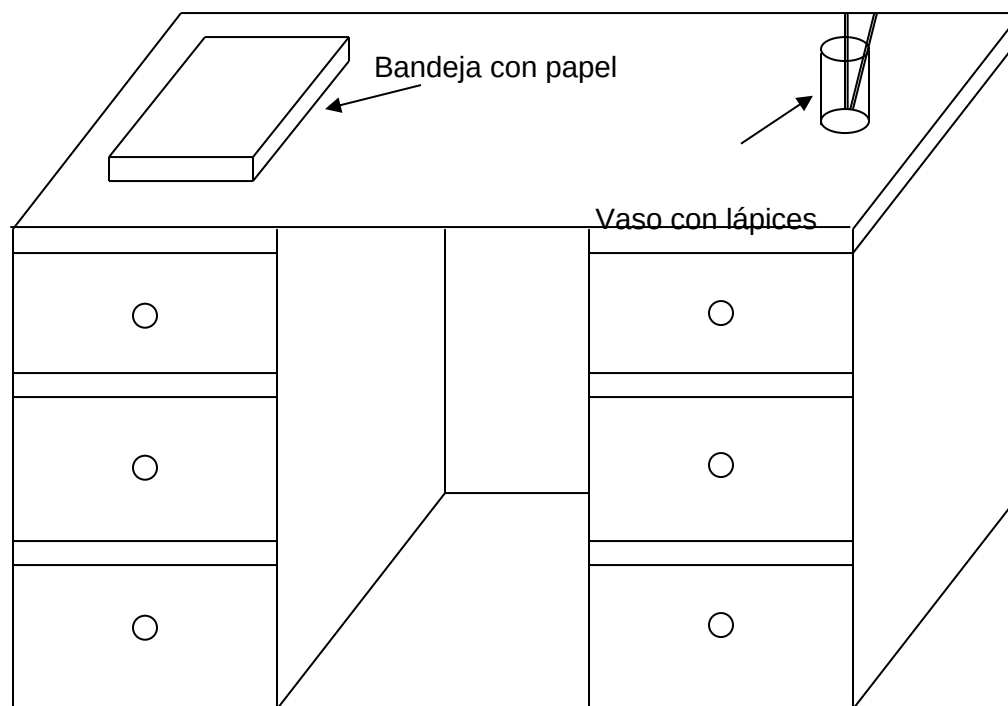


**Figura 3:** Puesto de Trabajo (Propuesto)



**Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez"**

**Facultad de Ingeniería**

**Departamento Ingeniería Industrial**

**Asignatura: Organización de Procesos y puestos.**

**Tema III:** Continuación. La organización y servicio al puesto. El servicio a los medios y equipos de trabajo. El servicio a la fuerza de trabajo. Estimación del gasto energético. Capacidad de trabajo físico. Carga postural.

**Conferencia 15.**

**Sumario:**

1. La organización y servicio al puesto. El servicio a los medios, el objeto y a la fuerza de trabajo.
2. Carga postural.
3. Procedimientos para determinar la capacidad de trabajo físico.
4. Estimación del gasto energético. Métodos.

**Introducción:**

Control de asistencia.

**Rememoración de contenidos del tema anterior:**

- Hacer énfasis en el procedimiento general para el estudio de los métodos en puestos administrativos.

**Aclaración de dudas y consolidación del tema anterior:**

Considerar los objetivos del tema anterior:

1. Explicar en qué consiste el estudio de métodos en puestos administrativos y de oficina.

**Introducción - Motivación: Planteamiento del problema a resolver en la clase.**

La organización del trabajo es el proceso que integra a los recursos humanos (RH) con la tecnología, los medios de trabajo y los materiales en el proceso de trabajo (productivo, de servicios, formación o conocimientos), mediante la aplicación de métodos y procedimientos que permitan trabajar de forma racional, armónica e ininterrumpida, con niveles requeridos de seguridad y salud, exigencias ergonómicas y ambientales, para lograr la máxima productividad, eficiencia, eficacia y satisfacer las necesidades de la sociedad y sus trabajadores. La organización del trabajo es la base que sustenta el incremento de la productividad en los centros laborales.

Es evidente que, si se pretende preservar la salud y lograr el bienestar del trabajador y al mismo tiempo alcanzar una eficiencia óptima, es necesario primeramente conocer las

características, sus limitaciones y capacidades para el trabajo.

Las diferentes ocupaciones o actividades laborales pueden tener un mayor o menor componente intelectual, pero en general el trabajo requiere del movimiento o al menos de la imposición de una fuerza contra una resistencia externa. La magnitud de la actividad motora depende del tipo de trabajo, pero aún en los trabajos donde el trabajador realiza fundamentalmente una operación de control (manejar un vehículo) es necesario mover palancas, interruptores, con la aplicación de ciertas fuerzas y con determinadas velocidades. Por tanto, hoy lo estudiaremos en esta conferencia.

#### **Planteamiento de los objetivos:**

1. Explicar en qué consiste la organización y servicio al puesto, así como el servicio a los medios, los objetos y la fuerza de trabajo.
2. Determinar, localizar e interpretar la información sobre la capacidad de trabajo físico, las fuerzas posibles a desarrollar y las posturas más adecuadas durante el trabajo físico, así como el procedimiento a seguir.
3. Conocer los métodos fundamentales para la estimación de la capacidad de trabajo físico.
4. Determinar, localizar e interpretar la información sobre el gasto energético al trabajar y los procedimientos fundamentales para la estimación del gasto energético.

#### **Desarrollo:**

##### **1. Organización y servicio al puesto de trabajo:**

**La organización y servicio al puesto:** es el elemento del sistema de la organización del trabajo que se encarga del estudio del puesto de trabajo y los elementos que lo componen en sus interrelaciones, tanto internas como en su relación con el resto de los puestos de trabajo del proceso de producción, así como el estudio y análisis de los servicios que se prestan en cada uno de los elementos simples que intervienen en el proceso de trabajo.

**Organización al Puesto de Trabajo:** uno de los elementos centrales de la organización del trabajo es la organización y servicios al puesto de trabajo, el cual se encarga del estudio del puesto de trabajo en su carácter interno y externo, es decir, tanto en las relaciones entre los elementos del propio puesto como en sus relaciones con otros dentro del proceso de producción o servicio.

**Servicio al puesto de trabajo:** Se entiende el conjunto de medidas encaminadas a garantizar que de forma planificada e ininterrumpidamente se dote al puesto de trabajo (y por supuesto al obrero que en el labora) con todo lo necesario para que se realice la tarea de producción y, a su vez, permita mantener el orden y limpieza.

**Objetivos de la Organización y Servicio al Puesto de Trabajo:** El objetivo central de la organización y servicio al puesto de trabajo es garantizar que el trabajador cumpla en el la tarea de producción asignada con la mejor calidad, de forma tal que se asegure una carga de trabajo elevada y uniforme, garantizando la utilización racional de sus conocimientos y hábitos de producción.

En el puesto de trabajo que constituye la célula básica del proceso laboral, concurren los tres elementos esenciales del proceso productivo: los medios y los objetos de trabajo y el hombre. Por lo tanto, el servicio al puesto de trabajo de garantizar el servicio a los 3 elementos.

### **1. El servicio a los medios de trabajo:**

Tiene entre sus objetivos fundamentales el mantenimiento y conservación de estos medios con lo cual se garantiza la continuidad del proceso productivo.

Este servicio debe estar dirigido a la solución de dos problemas principales:

- Garantizar la continuidad del proceso productivo.

En este aspecto se contempla la preparación de la producción, o sea la forma de llegada de las órdenes al puesto de trabajo, el tiempo que estas cubren, la elaboración y el traslado al puesto de trabajo de los dispositivos y herramientas necesarias para la ejecución del trabajo.

Debe preverse en el diseño del puesto de trabajo donde han de colocarse los documentos y estar al alcance de la vista del obrero, también hay que tomar en cuenta el espacio para la ubicación de herramientas y la forma de recepción y entrega de la energía (eléctrica, vapor, agua, aire, etc.)

- Mantenimiento y conservación de la capacidad de los medios de trabajo.

En este aspecto se contempla los aspectos relativos a la preparación de los equipos y medios de trabajo y al ajuste y engrase de las máquinas, la organización de los obreros de mantenimiento analizando si existen planes adecuados de mantenimiento preventivo calificado para cada tipo de reparación, si existen órdenes a realizar por cada tipo de equipo, si existe un plan de lubricación, la forma en que se ejecuta, si es correcto el recorrido del obrero responsable de esta función elaborándose en cada caso el gráfico de servicio correspondiente.

El análisis del comportamiento de los equipos permite conocer el nivel de interrupciones por reparaciones y roturas imprevistas, lo cual sirve para evaluar la efectividad de la actividad de mantenimiento.



Cuando se alcanza un elevado nivel de tiempo perdido por roturas y reparaciones, significa que el estado técnico de las maquinarias es deficiente. Este índice deficiente puede ser reducido a través de la organización del tiempo a utilizar en el mantenimiento mediante un Plan de Mantenimiento Preventivo (PMP) y planificado.

El PMP permite que las reparaciones no se efectúen en el momento de la rotura, sino de forma planificada, logrando conservar el equipo en el mejor estado técnico posible y funcionando ininterrumpidamente.

## **2. El servicio a los objetos de trabajo.**

Tiene como objetivo garantizar la eficiencia en la manipulación de los objetos, ya que la efectividad del proceso productivo depende en gran medida de la misma.

El desplazamiento inadecuado de los objetos de trabajo, y por tanto de los trabajadores dedicados a esta actividad, genera gastos de tiempo, aumenta el número de trabajadores de servicio en estas funciones y puede llegar a interrumpir el proceso productivo.

Al diseñar la forma de desplazamiento de los objetos de trabajo pueden perseguirse los siguientes objetivos:

- Obtener un desplazamiento sin retrocesos ni cruces en el flujo de circulación.
- Sin recorridos largos.
- Sin transbordos innecesarios.
- Sin movimientos repetidos ni suplementarios en el manejo del material.
- Sin esfuerzo físico indebido.
- Sin requerir varios viajes cuando uno sea suficiente.

El estudio y proyección del movimiento de materiales propone los siguientes lineamientos para que la manipulación sea mínima y con la mayor seguridad:

- De trabajo mediante una línea recta.
- La transportación de cargas unificadas permite que la operación sea más eficiente.
- Se debe utilizar la fuerza de gravedad como energía para transportar objetos de trabajo, por lo económico que resulta.
- El sistema de desplazamiento debe ser seguro para evitar toda posibilidad de accidente.
- Se debe hacer una eficiente distribución en planta para facilitar la manipulación de objetos, esta distribución condiciona los recorridos a hacer provocando retrasos o lazos en el camino.

### **3.El servicio a la fuerza de trabajo.**

El servicio al hombre durante el proceso productivo presupone la satisfacción de sus necesidades biológicas y socioculturales.

La satisfacción de las necesidades biológicas incluye lo siguiente:

- Organización de los servicios médicos asistenciales (en los casos de unidades con altos índices de trabajadores ocupados)
- Organización de los servicios de comedores obreros.
- Organización de los servicios higiénicos sanitarios.
- Organización de los servicios de ropas especiales y otros medios de protección personal de los trabajadores.

En lo referente a la satisfacción de las necesidades socioculturales se contemplan:

- Aumento del nivel técnico cultural de los trabajadores a través de cursos de recalcificación, conferencias y seminarios.
- Mejora de las condiciones de estética en las zonas de trabajo mediante de recursos ornamentales.
- Organización de las áreas deportivas.

Atendiendo al puesto de trabajo en que se desempeñe, este requerirá para su correcto cumplimiento un conjunto de documentos, entre ellos:

- Las órdenes de trabajo: Es el documento primario, en el cual se consignan las especificaciones tecnológicas del producto a elaborar, así como los volúmenes de actividad y los tiempos previstos para su ejecución.
- La hoja de ruta: Este documento tiene como finalidad identificar los productos y las cantidades a producir, así como las operaciones a efectuar y su secuencia, fijando los datos más importantes con respecto a dichas operaciones, es decir, facilitar al operario una ruta de las operaciones a realizar.

El rasgo característico de este tipo de documento es que todos los datos que en él se consignan son valores planificados.

- La carta tecnológica: Es un documento mucha más detallada que la hoja de ruta, además de ofrecer datos generales del proyecto tecnológico sencillo incluye la siguiente información:
  - Desglose de los elementos de trabajo.
  - Regímenes de trabajo de los equipos.
  - Determinación de todo tipo de herramientas.
  - Normativas de tiempo por cada tiempo de operación.

- Croquis de la operación.
- La carta de organización del puesto de trabajo: Este documento es de vital importancia, en él además de datos generales, se le facilita al obrero una descripción detallada de las medidas técnico-organizativas propias del puesto de trabajo con relación a cada elemento de la Organización del Trabajo.

La carta constituye un instrumento de gran utilidad para trabajos de perfeccionamiento pues la pérdida de tiempo en la investigación y permite además establecer comparaciones entre la organización anterior y la proyectada y facilita la cuantificación de los beneficios del proyecto.

## 2. Trabajo Físico. Carga postural.

En Cuba se realizan trabajos con un componente motor elevado como, por ejemplo, corte de la caña, trabajos diversos en la construcción, de aquí la importancia de analizar el trabajo físico del hombre y sus efectos.

El trabajo humano oscila en un amplio espectro que va de lo que es estrictamente mental, pasa por lo que es esencialmente psicomotriz y llega hasta lo que es predominantemente físico.

Los niveles de intensidad de trabajo aumentan las probabilidades de agotamiento y los niveles bajos aumentan las de aburrimiento. Por lo tanto, los niveles medios son los óptimos para realizar cualquier tarea.

En sentido general, la tendencia es a ir disminuyendo la proporción física del trabajo y aumentar la parte mental, debido a la creciente tendencia a la automatización de los procesos de trabajo en los que el hombre tiene una participación directa. No obstante, en la actualidad, existe gran diversidad de actividades que siguen teniendo un alto componente físico, de aquí la importancia de estudiar el trabajo físico. Por tanto, hoy abordaremos con más intensidad el trabajo físico ya que influye fundamentalmente en la salud del trabajador. El trabajo físico se define como la actividad muscular que realiza el hombre para la creación de cualquier producto útil o prestación de un servicio.

En la realización de cualquier trabajo físico influyen una serie de características morfosicológicas y antropométricas que a continuación explicaremos.

- Sistema muscular

La estructura básica del cuerpo está formada por el esqueleto que consta de 206 huesos. Algunos de ellos para proteger órganos esenciales del cuerpo, como, por ejemplo, el cráneo para proteger el cerebro y las costillas para proteger el corazón, los pulmones y otros órganos y otros que están relacionados fundamentalmente con la ejecución de la actividad

física (como son los de las extremidades inferiores y superiores, los de la columna vertebral).

Los huesos del cuerpo están unidos a las articulaciones mediante ligamentos. Los músculos son haces de fibra musculares que son contráctiles y sirven para convertir la energía química en trabajo mecánico. Los dos extremos del músculo son los tendones que van unidos al hueso.

El trabajo físico realizado por el hombre requiere de un grupo de músculos algunos para mantener la postura del cuerpo y otros para realizar el trabajo. Los músculos al igual que otros tejidos del cuerpo obtienen su energía para el trabajo de los alimentos que comemos y del oxígeno que respiramos. En cuanto comenzamos el trabajo físico el ritmo de la respiración aumenta para suministrar más oxígeno a la sangre y el ritmo del corazón aumenta para que circule más sangre oxigenada por los músculos.

Una vez conocido el sistema muscular, detallaremos ahora los dos tipos de esfuerzos musculares: el esfuerzo estático y el esfuerzo dinámico. En el primero el músculo no varía su longitud, mientras que en el esfuerzo dinámico sí.

El esfuerzo dinámico está caracterizado por la alternación de la contracción y extensión, tensión y relajación, o sea, los cambios rítmicos frecuentes de la longitud del músculo. En cambio, el esfuerzo estático, se caracteriza por el prolongado estado de contracción de los músculos, los que generalmente mantienen una misma postura.

Bajo condiciones similares, el esfuerzo estático comparado con el esfuerzo dinámico tiende a mayores consumos de energía, elevados ritmos cardiacos y necesidad de mayores periodos de descansos para la recuperación.



**Figura 1.** Diagrama del esfuerzo muscular estático y dinámico.

En la figura 1 se muestra la relación que existe entre el flujo sanguíneo y la sangre que se necesita según el esfuerzo realizado. Desde el punto de vista fisiológico, las de tipos estáticas reducen el flujo sanguíneo durante el desarrollo de tensión muscular. Por el contrario, durante el esfuerzo dinámico, la contracción y relajación de los músculos actúa como una bomba impulsora, facilitando el flujo. Debido a lo anterior, en la medida que

aumenta la tensión muscular estática, mayor es la probabilidad de fatiga muscular localizada.

### **Eficiencia mecánica**

Se le llama eficiencia mecánica a la determinada por:

$$E_m = \frac{T \times 100}{E - e}$$

donde:

**E<sub>m</sub>**: Eficiencia mecánica del trabajo, expresada en por ciento.

**T**: Trabajo externo expresado en KJ.

**E**: Energía total consumida expresada en KJ.

**e**: Metabolismo basal en KJ.

La eficiencia mecánica de trabajo es muy baja. En muchos tipos de trabajo, aun con movimiento, la contracción de unos músculos se opone a otros para lograr el control de la velocidad, por lo que el trabajo externo es pequeño. El máximo de eficiencia está entre el 20% y el 25% para actividades donde se involucran músculos grandes como subir escaleras o pedalear en una bicicleta, por lo tanto, un mínimo del 75% al 80% de la energía consumida se convierte en calor, la que debe disipar el organismo para mantener su temperatura”.

- Sistema cardiovascular, respiratorio y circulación sanguínea.

En la actividad dinámica de todo el cuerpo las exigencias sobre el sistema cardiovascular y respiratorio son los mayores. El sistema respiratorio debe suministrar una cantidad adecuada de oxígeno a los músculos como resultado de un ritmo más acelerado del corazón para que circule más sangre oxigenada a los músculos.

Cuando el individuo está en reposo el ritmo del corazón puede oscilar alrededor de 75 puls/min, pero cuando comienza a caminar a 6 Km/h el ritmo del corazón comenzará a elevarse y al cabo de 3 a 4 minutos el ritmo se ha elevado 110 lat/min, por tanto, el individuo necesita mayor oxígeno para esos músculos, cuando el individuo llega a culminar la caminata, los mecanismos oxidativos continúan hasta restablecer las condiciones. Ese intervalo de tiempo que él necesita para llegar a condiciones normales le llamamos deuda de oxígeno. Debido a que esta deuda debe ser saldada, el pulso y la respiración no vuelven a sus niveles normales inmediatamente después de cesar el trabajo, sino que lo hacen lentamente hasta haber reemplazado todo el oxígeno prestado (ver figura 2).

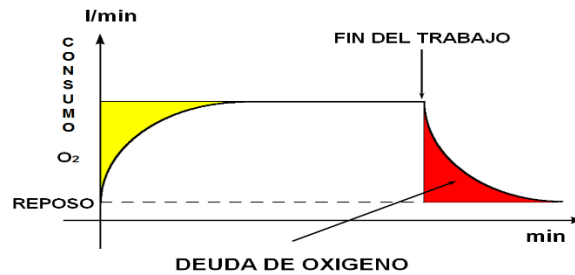


**Figura 2.** Relación entre Sistema cardiovascular, respiratorio y circulación sanguínea.

El sistema cardiovascular es el encargado de bombear la sangre a través de todo el sistema y durante el ejercicio físico veremos cómo se comportan dos de sus elementos, la frecuencia cardíaca y la tensión arterial.

La frecuencia cardíaca constituye uno de los parámetros fisiológicos o psíquicos con el objetivo de permitir la adaptación del organismo ante dichas situaciones. Este elemento es un buen índice para estudiar el comportamiento de la capacidad de trabajo del obrero durante la jornada ya que a medida que aumenta la intensidad del trabajo aumenta la frecuencia cardíaca.

La frecuencia cardíaca a que puede llegarse durante un ejercicio disminuye con la edad (es de 190 a 210 lat/min entre los 18 y 25 años). Algunos autores calculan la frecuencia cardíaca mediante la fórmula:

$$\text{Frecuencia cardíaca máxima} = 220 - \text{edad}$$

En los sujetos entrenados la frecuencia cardíaca no se eleva tanto como en los no entrenados, esto se debe a que en los individuos entrenados la capacidad de gasto cardíaco es mayor.

Otro elemento es la presión arterial: Mediante este parámetro podemos detectar el inicio de la fatiga. Para ello se utiliza un (esfigmomanómetro) que mide la presión arterial. Los valores de la presión arterial máximo se mantienen constante para un régimen de trabajo dado o estable. Si por continuidad del esfuerzo o deficiencia cardíaca del individuo el corazón tolera mal este régimen se produce una disminución de la tensión arterial, especialmente, en la máxima, mientras que la mínima se mantiene más alta, razón por la cual cae la tensión diferencial. Esta disminución refleja la aparición de la fatiga.

Existen varias variables humanas relacionadas con la fuerza muscular y la resistencia que tienen gran influencia en ella como son:

- Edad: La fuerza mayor se alcanza de 25 a 30 años y disminuye paulatinamente hasta los 65.
- Sexo: La fuerza de la mujer es dos terceras partes a la del hombre.

- Ejercicio: El ejercicio puede aumentar la fuerza y la resistencia de un 30 a un 50% respecto a los niveles iniciales.

### Factores de riesgos de lesiones

Los factores de riesgos de lesiones presentes en la industria, son muy diversos los que se relacionan fundamentalmente con las posturas adoptadas durante la realización del trabajo, la repetición excesiva de actividades donde se involucran pequeños grupos musculares, la aplicación excesiva de fuerzas manuales y periodos de descanso insuficientes (ver figura 3).



**Figura 3.** Ejemplos de factores de riesgos de lesiones.

Muchos autores consideran que las lesiones y su intensidad, se producen generalmente por la combinación de varios de estos factores. Por ejemplo, si se asocian movimientos repetitivos con una tensión muscular fuerte (aplicación de fuerza), el resultado es una mayor prolongación de la lesión. En la tabla 5.1 se muestran algunos de los ejemplos de tres lesiones derivadas de traumatismos repetitivos y de los factores y tareas/oficios asociados.

**Tabla 1. Algunas lesiones por ciclos de actividades excesivamente repetitivos, factores de riesgo y actividades asociadas a los mismos.**

| Alteración                         | Factores de riesgo                                                                                                                                                                           | Tareas/oficios                                                                                                                                                           |
|------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Síndrome del Túnel Carpiano</b> | Flexión o extensión repetida de la muñeca.<br>Torsión repetida de la muñeca.<br>Esfuerzos repetidos de la muñeca en posturas forzadas.<br>Maniobras de presión con la palma o con los dedos. | Pulir, afilar, abrillantar, lijar, tareas de montaje, teclear, remachar, empaquetar, lavar a mano, martillar, fregar.<br><br>Cajeros, carpinteros, cocineros, matarifes. |
| <b>Tendinitis</b>                  | Esfuerzos repetidos con la muñeca en extensión -flexión o en desviación cubital.                                                                                                             | Trabajo en prensas, trabajos de montaje, uso de alicates, tendidos de cables, empaquetar.                                                                                |
| <b>Tenosinovitis</b>               | Trabajos manuales.                                                                                                                                                                           | Pulir, afilar, abrillantar, Trabajo en prensas, coser,                                                                                                                   |

|  |                                                                                                                                                                                                 |                                                                            |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
|  | Empujar con muñeca en extensión y desviación radial o en supinación.<br>Maniobras de presión con la palma de la mano, estando la muñeca en flexión o extensión.<br>Torsión rápida de la muñeca. | cortar, uso de alicates, atornillar, escurrir, retorcer.<br><br>Matarifes. |
|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|

Por otra parte, dependiendo de la intensidad y el tiempo de exposición a los factores de riesgos, las personas pueden experimentar trastornos músculo-esqueléticos reversibles o crónicos. Cuando los trastornos son del tipo reversibles, el dolor se localiza al nivel muscular y de los tendones, desapareciendo tan pronto el trabajador deja de efectuar la actividad. Por su parte, los trastornos crónicos, además de localizarse a nivel de la musculatura y de los tendones, también afectan las estructuras anatómicas de las articulaciones. En este caso, el dolor no desaparece cuando el trabajador termina su labor, debido a que es causado por procesos inflamatorios y degenerativos de los tejidos. Algunas de estas lesiones pueden ser:

- Dolor muscular localizado temporal.
- Dolor muscular localizado permanente.
- Inflamación de cápsula tendinosa.
- Inflamación de la inserción del tendón.
- Inflamación de las articulaciones.
- Procesos degenerativos de las articulaciones.

Muchas veces cuando se diseña mal el puesto de trabajo, provoca que se adopten ciertas posturas que conducen a la ocurrencia de traumas osteomusculares. En tales casos se debe actuar modificando el proceso, siempre favoreciendo los cambios de posición de herramientas, objetos y controles para de esta forma, lograr un buen alineamiento de la muñeca con el antebrazo y el mantenimiento de los hombros en su posición de reposo.

### **Métodos para la evaluación del trabajo físico**

Para establecer criterios de evaluación de la sobrecarga postural, es necesario identificar las posiciones del cuerpo que imponen una carga estática o que requieren rangos de movimientos peligrosos para el sistema músculo-esquelético, o ambos. Del mismo modo, es necesario asociar estas posiciones de trabajo con el tiempo de exposición durante la jornada.

Entre los métodos para evaluar el trabajo físico teniendo en cuenta la postura se encuentran:



- El método OWAS.
- El método RULA.
- El método REBA

**Método OWAS (Ovako Working posture Analysis System).**

En el mundo moderno uno de los problemas más frecuentes relacionados con la salud de los trabajadores son las dolencias músculo-esqueléticas, las que ocupan un lugar importante en el total de las dolencias ocupacionales en la mayoría de los países industrializados.

Las posturas adoptadas durante la realización del trabajo tienen una incidencia directa en el rendimiento y salud de los trabajadores. Las malas posturas generalmente, distorsionan la forma normal de ejecutar el trabajo y son causa de cansancio o dolor, y en muchos casos, están relacionadas con accidentes de trabajo.

Un método práctico para la evaluación de las cargas posturales en la industria es el OWAS (Ovako Working Posture Analysis System). Este método fue desarrollado en la industria del acero de Finlandia alrededor de la década de los setenta, y desde entonces se ha aplicado con éxito en el análisis de tareas en la industria minera, servicios de limpieza, talleres mecánicos, industria de la construcción, aserraderos, ferrocarriles, enfermería, producción, trabajo de granja, entre otras áreas.

El desarrollo y explicación de este método se puede encontrar de la página 164 a la 169 del libro Alonso, A. y otros, Ergonomía, Editorial Félix Varela, La Habana, 2006.

**Método RULA (Rapid Upper Limb Assessment).**

El método Rula es una técnica para la evaluación de las exposiciones individuales en cuanto a posturas, fuerzas y actividades musculares. El uso de esta evaluación ergonómica obtiene resultados de una puntuación de riesgo entre uno y siete puntos, donde las puntuaciones más altas significan los mayores niveles de riesgo aparente. Una baja puntuación RULA no garantiza que el puesto de trabajo esté libre de daños ergonómicos y una alta puntuación no asegura que existan problemas severos. Fue desarrollada para detectar posturas de trabajo o factores de riesgo que revelen mayor atención.

Para aplicar el método RULA, el cuerpo se divide en dos grupos: A y B. El grupo A lo componen brazo, antebrazo, muñeca y giro de muñeca. El grupo B lo comprenden cuello, tronco y piernas. (Ver tabla 2 y tabla 3)

Tabla 2. Diagrama de posturas para el grupo A.

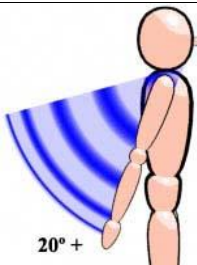
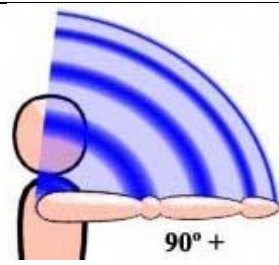
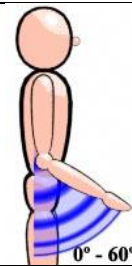
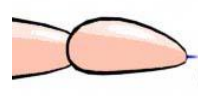
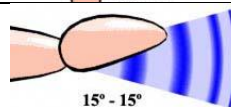
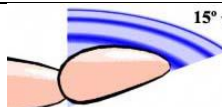
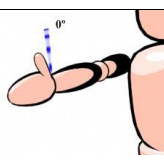
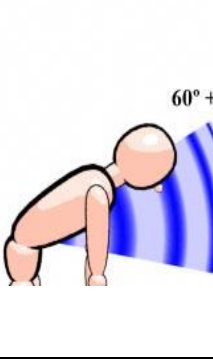
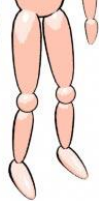
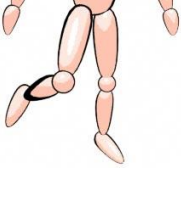
| Puntuación →   |                                                                                                                             | 1                                                                                   | 2                                                                                   | 3                                                                                    | 4                                                                                   |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Brazos         | <ul style="list-style-type: none"><li>Hombro elevado +1</li><li>Abducción +1</li><li>Peso de brazo soportado -1</li></ul>   |    |    |    |  |
|                |                                                                                                                             |                                                                                     |    |                                                                                      |                                                                                     |
| Antebrazo      | <ul style="list-style-type: none"><li>Si se cruza la línea media del cuerpo +1</li><li>Si se sale hacia afuera +1</li></ul> |   |   |                                                                                      |                                                                                     |
|                |                                                                                                                             |                                                                                     |  |                                                                                      |                                                                                     |
| Muñeca         | <ul style="list-style-type: none"><li>Desviada de la línea media +1</li></ul>                                               |  |  |  |                                                                                     |
|                |                                                                                                                             |                                                                                     |                                                                                     |  |                                                                                     |
| Giro de muñeca |                                                                                                                             |  |  |                                                                                      |                                                                                     |

Tabla 3. Diagrama de posturas para el grupo B.

| Puntuación → |                                                                                                   | 1                                                                                  | 2                                                                                  | 3                                                                                  | 4                                                                                   |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Cuello       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Con giro +1</li> <li>• Inclinación lateral +1</li> </ul> |   |   |  |  |
| Tronco       | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Con giro +1</li> <li>• Inclinación lateral +1</li> </ul> |   |   |  |  |
| Piernas      |                                                                                                   |  |  |                                                                                    |                                                                                     |

Estos diagramas de posturas tienen en la parte superior de la representación de cada postura un número que corresponde a la puntuación que debe ser asignada al evaluar el riesgo postural. Además, se presentan instrucciones para aquellas posturas que no fueron representadas en este plano. Las puntuaciones son dadas en una secuencia lógica empezando por el número 1 correspondiente a la postura neutra hasta aquellas posturas cuyos riesgos son más elevados.

Además, este método incluye un sistema para evaluar la carga adicional sobre el sistema músculo esquelético debido al trabajo estático excesivo, movimientos repetitivos y requerimientos de aplicación de fuerzas. El fundamento de este sistema es que la cantidad de carga estática o fuerza aplicada sobre el sistema músculo – esquelético causará fatiga y daños, dependiendo del tiempo que se exponen los trabajadores a estos factores de riesgos.

Los autores del método consideran que la postura es principalmente estática si su duración es de 1 minuto. En cuanto al factor de repetición consideran una tasa de más de 4 veces / minuto.

Teniendo en cuenta la aplicación de la fuerza para realizar una actividad, RULA utiliza diferentes situaciones que se basan en rangos de cargas que van desde menor que 2Kg hasta mayor de 10Kg (ver tabla 4).

**Tabla 4. Puntuaciones para la fuerza en el método RULA.**

| Puntuación | Situación                                                                  |
|------------|----------------------------------------------------------------------------|
| 0          | Carga o fuerza intermitente menor que 2 Kg.                                |
| 1          | Carga o fuerza intermitente de 2-10 Kg.                                    |
| 2          | Carga estática de 2-10Kg.<br>O<br>Carga o fuerza repetida de 2-10 Kg.      |
| 3          | Carga estática $\geq$ 10 Kg.<br>O<br>Carga o fuerza repetida $\geq$ 10 Kg. |

Antes de comenzar a evaluar los riesgos, es conveniente seleccionar las actividades y posturas más frecuente durante la jornada laboral. Esto se puede hacer mediante la observación del operario. La aplicación del método es rápida, por lo que pueden estudiarse todas las posturas adoptadas por el trabajador, durante el periodo de trabajo.

El procedimiento es como sigue (ver figura 4).

- Registrar las distintas posturas y obtener puntuaciones para los grupos A y B.
- Obtener las puntuaciones C y D, que son las puntuaciones parciales de los grupos A y B respectivamente, más las puntuaciones según el esfuerzo muscular y la fuerza.
- Obtener puntuación final que resulta de C y D.
- Ubicar la puntuación final en el nivel de acción correspondiente.

En el Anexo 5.1 de la página 201 del libro Alonso, A. y otros, Ergonomía, Editorial Félix Varela, La Habana, 2006 aparece un modelo práctico para la aplicación del método RULA.

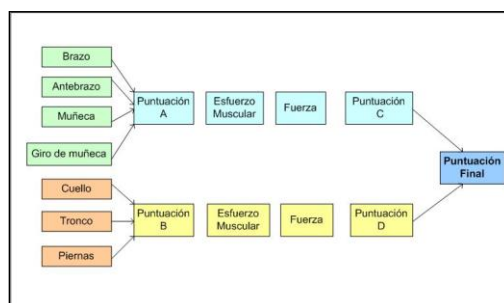


**Figura 4.** Formato de registro postural.

### **Método REBA (Rapid Entire Body Assessment).**

REBA es una herramienta nueva, similar a RULA, pero más general, presenta un nuevo sistema de análisis que incluye factores de carga postural estáticos y dinámicos, la

interacción persona – carga y un nuevo concepto,” La gravedad asistida” para el mantenimiento de la postura de las extremidades superiores, es decir la ayuda de la gravedad para mantener la postura del brazo. A pesar de que REBA fue desarrollado para analizar las posturas no neutras entre los trabajadores del sector de la salud y otras industrias de servicios es aplicable a cualquier sector o actividad laboral.

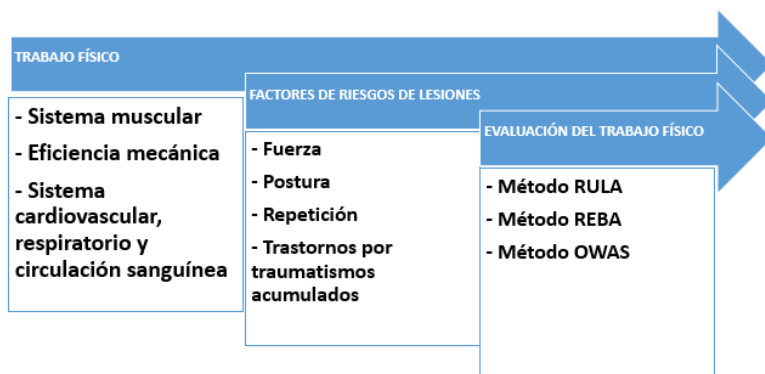
Los diagramas de posturas, igual que en el método RULA, se presentan en el plano sagital, por lo que solo se puede observar un lado para hacer la evaluación mediante una aplicación (izquierdo o derecho). Si es el interés del analista observar en ambos lados será necesario realizar dos evaluaciones.

El procedimiento de aplicación del método REBA se muestra de la página 174 a la 177 del libro Alonso, A. y otros, Ergonomía, Editorial Félix Varela, La Habana, 2006 y en la NTP 601.

Para el análisis de la carga postural son muchos los métodos que pueden ser utilizados, aunque no todos son aplicables a todas las situaciones, ni aportan los mismos resultados. En la NTP 452 se describen y comparan brevemente algunos de los más difundidos relacionados con la evaluación de la carga postural.

### Conclusiones generales de la clase.

#### Generalización de los contenidos orientados:



#### Orientación del estudio independiente:

- De los métodos para la evaluación del trabajo físico qué semejanzas y diferencias hay entre ellos.

#### Bibliografía:

- Instituto de estudios e investigaciones del trabajo. Recomendaciones metodológicas para el estudio de los métodos de trabajo. Febrero/2003
- Alonso, A. y otros, Ergonomía, Editorial Félix Varela, La Habana, 2006.
- Fundación MAPFRE, Manual de Ergonomía, Editorial MAPFRE S.A., Madrid, 1995.

**Nexo- motivación de la próxima clase:**

En la próxima clase se abordarán los procedimientos para determinar la capacidad de trabajo físico, así como los métodos fundamentales para la estimación de gasto energético.

**Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez"**  
**Facultad de Ingeniería**  
**Departamento Ingeniería Industrial**

**Asignatura: Organización de Procesos y puestos.**

**Tema III:** Continuación. Estimación del gasto energético. Capacidad de trabajo físico.

**Conferencia 16.**

**Sumario:**

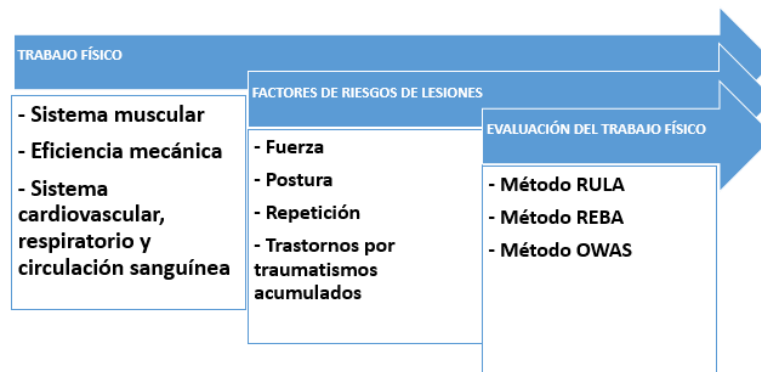
1. Procedimientos para determinar la capacidad de trabajo físico.
2. Métodos para la estimación del gasto energético.

**Introducción:**

Control de asistencia.

**Rememoración de contenidos del tema anterior:**

- Hacer énfasis en la organización y servicio al puesto de trabajo, así como los métodos para determinar la carga postural.



**Aclaración de dudas y consolidación del tema anterior:**

Considerar los objetivos del tema anterior:

1. Explicar en qué consiste la organización y servicio al puesto, así como el servicio a los medios, los objetos y la fuerza de trabajo.
2. Determinar, localizar e interpretar la información sobre la capacidad de trabajo físico, las fuerzas posibles a desarrollar y las posturas más adecuadas durante el trabajo físico, así como el procedimiento a seguir.

**Introducción - Motivación: Planteamiento del problema a resolver en la clase.**

Las distintas actividades que realiza el ser humano pueden ser clasificadas, atendiendo a la intensidad y duración del esfuerzo físico, en anaeróbicas (sin suministro inmediato de oxígeno), aeróbicas (con suministro de oxígeno) o mixtas. Los sistemas de producción de energía, conocidos como adenosintrifosfato (ATP) - fosfocreatina (CP), ácido láctico y

sistema aeróbico, funcionan generalmente de forma simultánea durante la realización de la actividad física. Sin embargo, el aporte al total de energía para efectuar ejercicios físicos, depende básicamente de su duración e intensidad, de aquí la importancia de estudiar la capacidad de trabajo físico.

Aunque los seres humanos no son utilizados en la actualidad como recurso energético, como lo fueron en siglos pasados, algunas ocupaciones todavía exigen un esfuerzo físico sustancial. Cuando la actividad física humana que se realiza pone en peligro la salud y la vida hay que proceder a alguna modificación en el trabajo, ya sea un diseño más adecuado, tanto de equipos como de espacio de trabajo, ya sea modificando métodos o bien mediante la reducción de los períodos de trabajo o de la velocidad a que este se efectúa.

Por todo esto se hace tan importante conocer el gasto energético para diferentes actividades que logren prevenir cualquier tipo de fatigas o peligro para el trabajador. Cada aspecto descrito anteriormente será objeto de estudio en la conferencia de hoy.

#### **Planteamiento de los objetivos:**

1. Conocer los métodos fundamentales para la estimación de la capacidad de trabajo físico.
2. Determinar, localizar e interpretar la información sobre el gasto energético al trabajar y los procedimientos fundamentales para la estimación del gasto energético.

#### **Desarrollo:**

##### **1. Capacidad de trabajo físico.**

La capacidad de trabajo físico de un individuo es la potencia aeróbica máxima, o sea, el máximo caudal de oxígeno que es capaz de inspirar, combinar con la sangre en los pulmones y transportar por medio de la sangre a las células que se contraen. Esto es para cuando en la actividad laboral se empleen grandes grupos musculares de las extremidades, puesto que en la práctica puede ser menor si las contracciones musculares la realizan un pequeño grupo de músculos.

Es también la capacidad que tiene un sujeto para realizar un trabajo con satisfacción y agrado sin la sensación de fatiga física. Esta capacidad puede ser modificada de manera significativa si se aumenta el nivel de actividad a través del entrenamiento sistemático.

A medida que aumenta la intensidad de trabajo físico, aumenta el consumo de oxígeno de una persona. Este incremento del consumo es de forma proporcional hasta cierto nivel donde no corresponden aumentos del consumo de oxígeno frente a incrementos de la intensidad del trabajo, ya que en ese nivel se ha alcanzado la máxima capacidad de transporte de oxígeno de los sistemas respiratorio y cardiovascular.



Para estimar la capacidad de trabajo físico se puede hacer uso de la frecuencia cardiaca, la que aumenta al aumentar el trabajo físico. Aunque tiene ventajas por su sencillez en la medición, el valor del ritmo cardiaco puede estar afectado por factores externos que no tienen que ver con la carga de trabajo.

Muchos autores recomiendan no sobrepasar el 30% de  $\text{VO}_2$  máx. Otros criterios establecen límites cercanos al 50% para personas entrenadas y 33% para personas no entrenadas, pero en general la mayoría coincide con no sobrepasar el 30% de  $\text{VO}_2$  máx.

Por la complejidad que implica la determinación del consumo máximo de oxígeno se han desarrollado algunos métodos que se basan en pruebas submáximas, por lo que hacen una estimación aproximada de la capacidad de trabajo físico partiendo de la medición del ritmo cardíaco, según diferentes cargas trabajo impuestas.

Entre los métodos propuestos se encuentran:

- Método de regresión lineal
- Expresiones empíricas
- Método de la prueba escalonada
- Step Test de Harvard
- Prueba PWC-170

A continuación, se explican cada uno de estos métodos

- Método de Regresión Lineal

Este método se basa en el establecimiento de la relación lineal que existe entre el ritmo cardíaco (variable dependiente) y la carga de trabajo impuesta al individuo (variable independiente) cuando se ha alcanzado el régimen estable ante un trabajo submáximo, extrapolando entonces para encontrar el máximo correspondiente al ritmo cardíaco máximo.

El procedimiento consiste en someter al individuo a tres cargas de trabajo diferentes como mínimo, en un veloergómetro, midiendo el ritmo cardíaco en régimen estable en el intervalo de 100 - 120 hasta 150 - 180 pulsaciones por minuto. En la figura 1 se ve el comportamiento del ritmo cardiaco en una prueba como la que se describe.

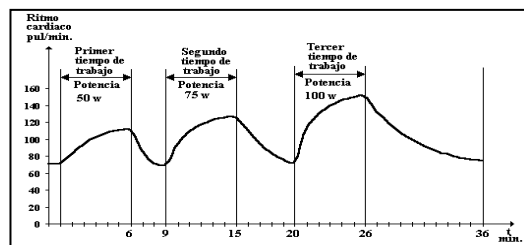


**Figura 1.** Variación del ritmo cardíaco de un individuo sometido a tres cargas de trabajo.

Estos valores del ritmo cardíaco se plotean en un gráfico contra la carga de trabajo y se encuentra la expresión de la recta que mejor se ajusta a dichos puntos. Posteriormente se extrapola para el valor máximo del ritmo cardíaco. Frecuentemente se utiliza como ritmo cardíaco máximo, de forma convencional, un valor de 170 pulsaciones por minuto (CT 170). Para obtener el valor de la capacidad de trabajo, una vez obtenida la ecuación de la recta correspondiente, se sustituyen los valores en dicha ecuación de regresión lineal.

La principal desventaja del método descrito es que la regresión da excesivo peso al punto correspondiente a la carga menor, que es con frecuencia distorsionado por la ansiedad del sujeto y los factores ambientales durante la prueba.

A continuación, se resumen los pasos para realizar este método.

1. Someter al individuo a diferentes cargas (esfuerzo en el pedaleo del veloergómetro y registrar las pulsaciones en cada una, así como en reposo).
2. Trazar la recta puls/min Vs carga
3. Ajustar la recta utilizando la técnica de los mínimos cuadrados.
4. Calcular la carga máxima a que podría ser sometido al individuo.
5. Determinar el volumen máximo partiendo de la carga máxima para 170 pul/min como valor extremo.
6. Partiendo del 30% del  $VO_2$  máx. determinado anteriormente, estimar el tipo de trabajo físico que el individuo puede desarrollar.

### **Ejemplo**

En la figura se muestra un estudiante de 3er año de la carrera de Ingeniería Industrial sometiéndose a la prueba en el veloergómetro en el laboratorio de ergonomía para determinar su capacidad de trabajo físico. El mismo tiene:

| Edad (años) | Peso (Kg.) | Talla (cm.) |
|-------------|------------|-------------|
| 20          | 80         | 180         |

La potencia y el ritmo cardíaco del estudiante son:

| I            | Potencia ( $X_i$ ) | Ritmo Cardíaco ( $Y_i$ ) |
|--------------|--------------------|--------------------------|
| 1            | 50 W               | 90 puls/min              |
| 2            | 75 W               | 105 puls/min             |
| 3            | 100 W              | 115 puls/min             |
| <b>Total</b> | 225 W              | 310 puls/min             |

|       |       |
|-------|-------|
| $B_1$ | 0.50  |
| $B_0$ | 65.83 |



**Figura 2.** Prueba en el veloergómetro

Determine la capacidad de trabajo físico del estudiante.

**Solución:**

En este caso, la capacidad de trabajo físico ( $VO_2\text{max}$ ) se determinará por el método de regresión lineal. O sea, se establecerá la relación lineal que existe entre el ritmo cardíaco y la carga de trabajo impuesta al estudiante.

X: Carga de trabajo.

Y: Ritmo cardíaco.

Recordar que la ecuación de la recta que más se ajusta a los puntos es:

$$Y = b_0 + b_1X$$

| I     | $X_i$ | $Y_i$ | $X_iY_i$ | $X_i^2$ |
|-------|-------|-------|----------|---------|
| 1     | 50    | 90    | 4500     | 2500    |
| 2     | 75    | 105   | 7875     | 5625    |
| 3     | 100   | 115   | 11500    | 10000   |
| Total | 225   | 310   | 23875    | 18125   |

$$b_1 = \frac{\sum x_i y_i - \frac{\sum x_i \sum y_i}{n}}{\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}}$$

$$b_0 = \frac{\sum y_i}{n} - b_1 \frac{\sum x_i}{n}$$

Utilizando la información anterior se puede calcular los valores de  $b_0$  y  $b_1$  (en este ejercicio son datos)

Por lo tanto:

$$Y = 65,83 + 0,50x$$

Sustituyendo  $Y = 170$  pulsaciones por minuto (valor tomado convencionalmente)

$$x = 208,33 \text{ W}$$

Luego:

$$Em = \frac{T \times 100}{E - e}$$

Donde:

$$Em = 20\%$$

$$T = X = 208,33 \text{ W}$$

**SC = 1,99 m<sup>2</sup>** que se calcula por la expresión

$$\mathbf{SC = 0.202(Pc)^{0.425}(H)^{0.725}}$$

$$e = MB = 44 \text{ w/m}^2$$

$$\mathbf{e = MB = 87,64 \text{ W}}$$

Despejando E,

$$E = 67,76 \text{ Kj}/\text{min}$$

Recordar que el valor calórico del oxígeno ( $\text{VO}_2$ )= 20 Kj/ $\text{IO}_2$ (se profundizará en la próxima conferencia)

Por tanto,

$$\text{VO}_2\text{max} = 3,39 \text{ IO}_2/\text{min}.$$

Se afecta por el 30%

$$30\% \text{ VO}_2\text{max} = 1,017 \text{ IO}_2/\text{min}.$$

Con la capacidad de trabajo físico se puede determinar si el individuo está apto para determinados trabajos en función de su intensidad, lo cual se puede encontrar en la siguiente tabla.

**Tabla 1. Clasificación de la intensidad del trabajo físico**

| <b>Clasificación del trabajo</b> | <b>Consumo de oxígeno (<math>\text{IO}_2</math>/min)</b> |
|----------------------------------|----------------------------------------------------------|
| Muy ligero                       | <0,5                                                     |
| Ligero                           | 0,5-1,0                                                  |
| Medio                            | 1,0-1,5                                                  |
| Pesado                           | 1,5-2,0                                                  |
| Muy pesado                       | 2,0-2,5                                                  |
| Excesivo                         | 2,5-3,0                                                  |
| Agotador                         | >3,0                                                     |

Lo que significa que el estudiante del ejemplo anterior está apto para realizar trabajos con una intensidad Media.

- **Estimación a partir de expresiones empíricas**

Entre las expresiones empíricas se encuentra la desarrollada por Von Döbeln y otros:

$$\text{VO}_2\text{máx} = \sqrt{\frac{L}{f_c - 60}} \cdot e^{-0,00884T}$$

Donde:

**VO<sub>2</sub> máx.:** Volumen máximo de oxígeno, en litros por minuto de O<sub>2</sub>, en condiciones normales de presión y temperatura de aire seco (STPD).

**L:** Carga de trabajo en el veloergómetro, en watt.

**f<sub>c</sub>:** Frecuencia del ritmo cardíaco después de seis minutos de trabajo a la carga L, en pulsaciones por minuto (pul/min).

**T:** Edad del individuo (en años).

Se recomienda aplicar esta expresión para la carga (L) que corresponda a la f<sub>c</sub> más cercana a 150 pul/min.

- **Método de la prueba escalonada. (Prueba del escalón)**

Este es un método indirecto para determinar la capacidad de trabajo físico mediante la estimación del consumo máximo de oxígeno. Se basa en la aplicación de tres cargas físicas escalonadas en un banco a un ritmo de subida y bajada específico y con el control de la frecuencia cardiaca como indicador del esfuerzo.

En esta prueba debe partirse del cálculo de la frecuencia cardiaca máxima (FCmáx) y del límite de carga o frecuencia cardiaca de referencia (FCref).

$$FC_{\text{máx}} = 220 - \text{edad (en años)} \quad FC_{\text{ref}} = 65 \% (FC_{\text{máx}})$$

Para realizar la prueba se utiliza un banco de 50cm de altura con dos peldaños de 25cm de altura cada uno como se muestra en la figura 3. La secuencia de subida y bajada es a razón de 4 pasos por cada vez y el sujeto debe apoyar los dos pies en el peldaño al subir y en el suelo al bajar.



**Figura 4. Banco para la aplicación de la prueba del escalón.**

Cuando el sujeto al realizar las pruebas alcanza o sobrepasa la FCref, se detiene la prueba y con ese dato y el peso corporal se determina en la tabla correspondiente (ver tablas 2,3 y 4) el valor del consumo de oxígeno máximo (VO<sub>2</sub>máx). Este valor debe ser rectificado de acuerdo a la edad del sujeto, afectándolo por el valor de corrección que aparece en la tabla 5.

**Tabla 2. Primera carga (17 veces/minuto)**

| Sexo       | FRECUENCIA CARDIACA SUBMAXIMA (pul/min.) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                |
|------------|------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--------------------------------|
| Hombre     | 92                                       | 96  | 100 | 104 | 108 | 112 | 116 | 120 | 124 | 128 | 132 | 136 | 140 | 144 | 148                            |
| Mujer      | 100                                      | 104 | 108 | 112 | 116 | 120 | 124 | 128 | 132 | 136 | 140 | 144 | 148 | 152 | 156                            |
| Peso (Kg.) | CONSUMO MAXIMO DE OXIGENO (L/min.)       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                |
|            | VO <sub>2</sub> máx.                     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                |
|            |                                          |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | VO <sub>2</sub> Submáx. L/min. |
| 40-44      | 370                                      | 310 | 270 | 240 | 210 | 195 | 180 | 165 | 155 | 140 | 132 | 125 | 118 | 112 | 106                            |
| 45-49      | 400                                      | 340 | 290 | 260 | 230 | 215 | 198 | 180 | 168 | 157 | 146 | 138 | 132 | 125 | 118                            |
| 50-54      | 419                                      | 360 | 310 | 285 | 250 | 230 | 210 | 195 | 180 | 169 | 157 | 149 | 141 | 134 | 128                            |
| 55-59      | 446                                      | 390 | 330 | 301 | 268 | 245 | 225 | 209 | 193 | 180 | 168 | 158 | 152 | 144 | 136                            |
| 60-64      | 473                                      | 397 | 349 | 320 | 286 | 260 | 240 | 220 | 205 | 190 | 178 | 169 | 160 | 153 | 145                            |
| 65-69      | 500                                      | 419 | 370 | 335 | 300 | 278 | 253 | 233 | 217 | 203 | 189 | 178 | 170 | 161 | 154                            |
| 70-74      | 522                                      | 438 | 390 | 350 | 316 | 290 | 270 | 248 | 228 | 214 | 199 | 188 | 179 | 171 | 162                            |
| 75-79      | 549                                      | 460 | 401 | 369 | 330 | 305 | 282 | 260 | 240 | 226 | 210 | 199 | 189 | 180 | 172                            |
| 80-84      | 577                                      | 483 | 421 | 385 | 341 | 320 | 296 | 275 | 252 | 235 | 219 | 208 | 198 | 188 | 178                            |
| 85-89      | 600                                      | 506 | 441 | 392 | 360 | 332 | 310 | 288 | 267 | 249 | 232 | 219 | 209 | 198 | 188                            |
| 90-94      | -                                        | 529 | 460 | 409 | 375 | 343 | 323 | 300 | 279 | 259 | 241 | 228 | 218 | 207 | 197                            |
| 95-99      | -                                        | 547 | 476 | 423 | 390 | 359 | 333 | 311 | 289 | 270 | 251 | 238 | 227 | 216 | 205                            |
| 100-104    | -                                        | 570 | 496 | 441 | 386 | 370 | 342 | 322 | 300 | 280 | 260 | 248 | 235 | 223 | 213                            |
| 105-109    | -                                        | 593 | 517 | 459 | 401 | 389 | 359 | 333 | 312 | 292 | 275 | 259 | 247 | 234 | 222                            |

|         |   |   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|---------|---|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 110-114 | - | - | 536 | 476 | 417 | 400 | 369 | 341 | 321 | 301 | 281 | 268 | 253 | 241 | 228 | 135 |
|---------|---|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

**Tabla 3. Segunda carga (26 veces/minuto)**

| <b>Sexo</b>           | <b>FRECUENCIA CARDIACA SUBMAXIMA (pul/min.)</b>                   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | <b>VO<sub>2</sub><br/>Submáx.<br/>L/min.</b> |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------------------------------------------|
| <b>Hombre</b>         | 112                                                               | 116 | 120 | 124 | 128 | 132 | 136 | 140 | 144 | 148 | 152 | 156 | 160 | 164 | 168 |                                              |
| <b>Mujer</b>          | 120                                                               | 124 | 128 | 132 | 136 | 140 | 144 | 148 | 152 | 156 | 160 | 164 | 168 | 172 | 176 |                                              |
| <b>Peso<br/>(Kg.)</b> | <b>CONSUMO MAXIMO DE OXIGENO (L/min.)<br/>VO<sub>2</sub> máx.</b> |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | <b>VO<sub>2</sub><br/>Submáx.<br/>L/min.</b> |
| 40-44                 | 326                                                               | 303 | 280 | 259 | 240 | 225 | 213 | 203 | 193 | 184 | 175 | 167 | 160 | 154 | 148 |                                              |
| 45-49                 | 431                                                               | 321 | 299 | 277 | 258 | 240 | 227 | 217 | 207 | 195 | 186 | 178 | 172 | 164 | 158 | 115                                          |
| 50-54                 | 361                                                               | 337 | 316 | 293 | 274 | 255 | 240 | 229 | 218 | 208 | 198 | 189 | 182 | 175 | 168 | 122                                          |
| 55-59                 | 389                                                               | 359 | 335 | 313 | 294 | 275 | 258 | 247 | 233 | 222 | 212 | 203 | 196 | 188 | 180 | 130                                          |
| 60-64                 | 416                                                               | 375 | 348 | 328 | 308 | 288 | 270 | 258 | 245 | 233 | 221 | 213 | 205 | 197 | 188 | 137                                          |
| 65-69                 | 437                                                               | 398 | 366 | 339 | 322 | 302 | 286 | 272 | 258 | 246 | 233 | 223 | 213 | 208 | 199 | 144                                          |
| 70-74                 | 458                                                               | 424 | 380 | 354 | 333 | 315 | 298 | 285 | 270 | 257 | 244 | 233 | 225 | 213 | 208 | 151                                          |
| 75-79                 | 483                                                               | 446 | 415 | 370 | 348 | 328 | 311 | 299 | 284 | 270 | 257 | 246 | 237 | 227 | 218 | 159                                          |
| 80-84                 | 504                                                               | 466 | 433 | 389 | 361 | 339 | 324 | 310 | 297 | 281 | 268 | 256 | 247 | 237 | 227 | 166                                          |
| 85-89                 | 525                                                               | 485 | 452 | 416 | 376 | 351 | 334 | 322 | 308 | 292 | 279 | 267 | 257 | 247 | 247 | 173                                          |
| 90-94                 | 547                                                               | 505 | 470 | 433 | 403 | 377 | 358 | 342 | 325 | 307 | 297 | 280 | 270 | 257 | 247 | 180                                          |
| 95-99                 | 571                                                               | 527 | 491 | 452 | 421 | 393 | 374 | 357 | 339 | 320 | 310 | 292 | 282 | 268 | 258 | 188                                          |
| 100-104               | 592                                                               | 547 | 509 | 469 | 437 | 408 | 388 | 370 | 352 | 332 | 321 | 303 | 292 | 278 | 267 | 195                                          |
| 105-109               | -                                                                 | 588 | 520 | 479 | 446 | 416 | 396 | 378 | 359 | 339 | 328 | 309 | 298 | 284 | 273 | 199                                          |
| 110-114               | -                                                                 | 586 | 546 | 503 | 468 | 437 | 416 | 397 | 377 | 356 | 344 | 325 | 313 | 298 | 286 | 209                                          |

**Tabla 4. Tercera carga (34 veces/minuto)**

| <b>Sexo</b>           | <b>FRECUENCIA CARDIACA SUBMAXIMA (pul/min.)</b>                   |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | <b>VO<sub>2</sub><br/>Submáx.<br/>L/min.</b> |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------------------------------------------|
| <b>Hombre</b>         | 120                                                               | 124 | 128 | 132 | 136 | 140 | 144 | 148 | 152 | 156 | 160 | 164 | 168 | 172 | 176 |                                              |
| <b>Mujer</b>          | 128                                                               | 132 | 136 | 140 | 144 | 148 | 152 | 156 | 160 | 164 | 166 | 172 | 176 | 180 | 184 |                                              |
| <b>Peso<br/>(Kg.)</b> | <b>CONSUMO MAXIMO DE OXIGENO (L/min.)<br/>VO<sub>2</sub> máx.</b> |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | <b>VO<sub>2</sub><br/>Submáx.<br/>L/min.</b> |
| 40-44                 | 365                                                               | 340 | 322 | 301 | 285 | 272 | 258 | 246 | 233 | 224 | 216 | 208 | 199 | 191 | 184 |                                              |
| 45-49                 | 388                                                               | 359 | 337 | 319 | 301 | 289 | 274 | 260 | 248 | 237 | 228 | 219 | 210 | 202 | 197 | 153                                          |
| 50-54                 | 411                                                               | 378 | 351 | 333 | 318 | 303 | 289 | 275 | 261 | 250 | 240 | 230 | 222 | 210 | 203 | 162                                          |
| 55-59                 | 436                                                               | 400 | 370 | 350 | 331 | 320 | 306 | 290 | 277 | 265 | 254 | 243 | 234 | 225 | 218 | 172                                          |
| 60-64                 | 459                                                               | 417 | 405 | 378 | 358 | 342 | 324 | 305 | 293 | 281 | 271 | 261 | 250 | 240 | 231 | 181                                          |
| 65-69                 | 482                                                               | 448 | 425 | 397 | 376 | 359 | 340 | 324 | 307 | 295 | 285 | 274 | 262 | 252 | 243 | 189                                          |
| 70-74                 | 504                                                               | 470 | 445 | 416 | 394 | 376 | 356 | 340 | 322 | 305 | 298 | 287 | 275 | 264 | 254 | 199                                          |
| 75-79                 | 530                                                               | 493 | 464 | 437 | 414 | 395 | 374 | 357 | 338 | 325 | 313 | 302 | 289 | 277 | 267 | 209                                          |
| 80-84                 | 552                                                               | 515 | 487 | 456 | 431 | 412 | 390 | 372 | 353 | 339 | 327 | 315 | 301 | 289 | 278 | 218                                          |
| 85-89                 | 575                                                               | 536 | 507 | 474 | 449 | 429 | 407 | 388 | 367 | 353 | 340 | 328 | 314 | 301 | 290 | 227                                          |
| 90-94                 | 598                                                               | 557 | 528 | 493 | 467 | 446 | 423 | 403 | 382 | 367 | 354 | 341 | 326 | 313 | 301 | 236                                          |
| 95-99                 | -                                                                 | 581 | 550 | 514 | 487 | 465 | 441 | 420 | 398 | 383 | 369 | 355 | 340 | 326 | 314 | 246                                          |
| 100-104               | -                                                                 | 600 | 570 | 533 | 505 | 482 | 457 | 436 | 413 | 396 | 382 | 368 | 352 | 338 | 326 | 255                                          |
| 105-109               | -                                                                 | -   | 590 | 552 | 522 | 499 | 473 | 451 | 427 | 411 | 396 | 381 | 365 | 350 | 337 | 264                                          |
| 110-114               | -                                                                 | -   | -   | 571 | 540 | 516 | 489 | 466 | 442 | 425 | 410 | 394 | 377 | 362 | 349 | 273                                          |

Nota: Los valores de consumo máximo y submáximo de oxígeno deben dividirse entre 100 para expresarlos en litros por minuto.

**Tabla 5. Factor de corrección según la edad (en años).**

| FACTOR DE CORRECCIÓN |                     |
|----------------------|---------------------|
| Edad                 | VO <sub>2</sub> máx |
| 17-30                | 1,00                |
| 31-35                | 0,99                |
| 36-40                | 0,94                |
| 41-45                | 0,89                |
| 46-50                | 0,85                |
| 51-55                | 0,80                |
| 56-60                | 0,76                |
| 61-65                | 0,71                |
| 66-70                | 0,67                |
| 71-75                | 0,62                |
| 76-80                | 0,58                |

- **Prueba PWC-170**

Esta prueba se auxilia de la siguiente ecuación:

$$PWC_{170} = N1 + (N2 - N1) \times \left[ \frac{170 - F1}{F2 - F1} \right]$$

Donde:

PWC<sub>170</sub>: Potencia de la carga física en el veloergómetro en kg/min para la cual se alcanza una frecuencia cardíaca igual a 170 puls/min.

N1 y N2: Potencia de la primera y segunda carga en kg/min.

F1 y F2: Promedio de la frecuencia cardíaca al final de la primera y segunda carga.

Además, se auxilia de la siguiente tabla:

**Tabla 6. Procedimiento de cálculo de la prueba PWC170.**

1<sup>ra</sup> Carga.

| Pulsaciones<br>min. | Peso | 50 kg o menos | 51 - 70 Kg | 71 - 90 Kg | 191 kg |
|---------------------|------|---------------|------------|------------|--------|
| 81 ó más            |      | 150           | 300        | 450        | 600    |
| 61 - 80             |      | 300           | 450        | 600        | 750    |
| 60                  |      | 600           | 750        | 900        | 1050   |

2<sup>da</sup> Carga.

| N1  | Hasta 105 | 100 – 115 | 116 - 125 | 126 - 136 | 136 - 146 | 146 - 150 |
|-----|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 150 | 600       | 450       | 450       | 450       | 300       | 300       |
| 300 | 750       | 600       | 600       | 600       | 450       | 450       |
| 450 | 1050      | 800       | 800       | 750       | 750       | 600       |
| 600 | 1350      | 1200      | 1050      | 1050      | 900       | 750       |
| 750 | 1500      | 1350      | 1250      | 1200      | 1050      | 900       |
| 900 | 1800      | 1550      | 1500      | 1350      | 1200      | 1050      |

### **Ejemplo**

Determine la carga máxima de trabajo físico de un individuo que pesa 65 kg, tiene 21 años de edad y 85 puls/min en reposo y es sometido a la prueba PWC-170 mediante el veloergómetro.

#### **Solución:**

Con 65 Kg de peso y 85 puls/min se va a la tabla mostrada anteriormente y se obtiene carga igual a 300 Kg/min. Durante la aplicación de la primera carga se obtuvo:

En el 3er min: 128 puls/min

4to min: 124 puls/min

5to min: 120 puls/min

TOTAL 372

$$F1 = \frac{372}{3} = 124 \text{ pul/min}$$

En la segunda prueba con 124 puls/min y 300 Kg/min de carga se busca la próxima carga que es igual a 600Kg/min, obteniéndose.

En el 3er min: 144 puls/min

4to min: 142 puls/min

5to min: 140 puls/min

TOTAL 426

$$F2 = \frac{426}{3} = 142 \text{ pul/min}$$

Luego

$$PWC_{170} = N1 + (N2 - N1) \frac{170 - F1}{F2 - F1}$$

$$\begin{aligned} PWC_{170} &= 300 \text{ kg/min} + \left( 600 \text{ kg/min} - 300 \text{ kg/min} \right) \times \left( \frac{170 - 124}{142 - 124} \right) \\ &= 1066,67 \text{ kg/min} \end{aligned}$$

$$PWC_{170} = 177,78 \text{ W}$$

Debía a:

$$300 \text{ kg/min} = 50 \text{ W}$$

- **Prueba del paso (step-test) de Harvard**

Pasos para desarrollarla:

1. Determinar la altura del banco y el tiempo de carga a cumplimentar, para lo cual es



necesario auxiliarse de la siguiente tabla.

**Tabla 7. Altura del banco y duración de la carga de trabajo en la Prueba Step Test de Harvard.**

| Examinados    | Edad (años) | Altura Banco (cm) | Duración Carga (min) | Observaciones                                      |
|---------------|-------------|-------------------|----------------------|----------------------------------------------------|
| Hombres       | 19 ó más    | 50                | 5                    |                                                    |
| Mujeres       | 18 ó más    | 43                | 5                    |                                                    |
| Varones       | 12 a 18     | 50                | 4                    | Con sup. corp. mayor o igual a 1.85 m <sup>2</sup> |
| Varones       | 12 a 18     | 45                | 4                    | Con sup. corp. menor a 1.85 m <sup>2</sup>         |
| Hembras       | 12 a 18     | 40                | 3                    |                                                    |
| Niños (H y V) | 8 a 11      | 35                | 3                    |                                                    |
| Niños (H y V) | Hasta 8     | 35                | 2                    |                                                    |

2. Ajustar el ritmo de escalamiento al banco de 30 subidas por minuto con la ayuda de un metrónomo (120 golpes/min) durante todo el tiempo de la prueba.
3. Al terminar la carga sea por cumplir todo el tiempo establecido o por cansancio: Registrar el tiempo de duración en segundos y el pulso en los 30 primeros segundos de 2do, 3ro y 4to minuto del período de recuperación.
4. Determinar el índice de Step Test de Harvard (ISTH)

$$ISTH = \frac{\text{Duración de la carga (seg.)}}{2 \times \sum \text{Sumatoria de los tres pulsos}} \times 100$$

El resultado se interpreta por:

**Tabla 8. Interpretación del Índice de Step Test de Harvard.**

| ISTH         | Clasificación | Clasificación de trabajo |
|--------------|---------------|--------------------------|
| 90 o más     | Excelente     | Muy pesado               |
| 80 a 89      | Buena         | Pesado                   |
| 65 a 79      | Aceptable     | Medio                    |
| 56 a 64      | Baja          | Ligero                   |
| 55 y menores | Pobre         | Muy ligero               |

### **Ejemplo**

Un individuo de 20 años se somete a la prueba de Harvard y se obtienen los siguientes resultados:

Duración carga = 300 seg. = 5 min

Pulso 0-30 del 2do min: 62

Pulso 0-30 del 3er min: 60

Pulso 0-30 del 4to min: 57

TOTAL 179

$$ISTH = \frac{300 \text{ seg.}}{2 \times 179} \times 100 = 83,79\%$$

Al individuo le corresponde una clasificación buena y puede trabajar en actividades pesadas.

### 3. Estimación del gasto energético:

El ser humano, por la simple razón de estar vivo, requiere del consumo de energía, por mínima que sea esta. Las necesidades en estado de reposo varían según el sexo, la estatura y el peso entre otros factores. Sin embargo, lo que mayormente condiciona las diferencias en el gasto energético diario de personas sanas, es la actividad física laboral que realizan de forma independientemente.

El gasto energético se expresa normalmente en las unidades de la energía y la potencia, o sea, en kilocalorías (kcal), Kilojoule (KJ), Joule (J), Watt (W) o Watt por metros cuadrados de superficie corporal. (W/m<sup>2</sup>).

Equivalencia entre las unidades

1 kcal=4,184 kJ

1 kcal/h= 1,61 W

1 W= 0,861 kcal/h

1 kcal/h= 0,644 W/m<sup>2</sup>

1 W/m<sup>2</sup>= 1,553 kcal/h (para una superficie corporal estándar de 1,8 m<sup>2</sup>)

La superficie corporal se calcula mediante la expresión:

$$SC = 0,202 (Pc)^{0,425} (H)^{0,725}$$

donde:

SC: Superficie Corporal (m<sup>2</sup>)

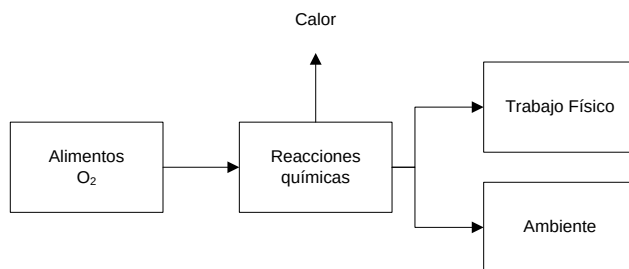
Pc: Peso Corporal (Kg.)

H: Altura (m)

El gasto energético se define como la cantidad de calorías que se desprenden a través de reacciones internas en cualquier actividad y se mide a través del oxígeno que se consume para esta actividad.

Para comprender mejor este concepto y su amplia utilización es necesario conocer algunos elementos fisiológicos importantes que influyen en el trabajo del hombre.

Metabolismo: Es la relación que se establece entre el hombre y el ambiente donde se ejecutan reacciones químicas de las células y se mide por la cantidad de calor producido durante dichas reacciones. Esto se puede representar de la siguiente forma:



Otro concepto importante es el de Metabolismo Basal, el cual se define como la cantidad de calorías generadas cuando el cuerpo está despierto y en reposo. Para el hombre el valor estándar es de  $44 \text{ W/m}^2$ , mientras para la mujer de  $41 \text{ W/m}^2$ .

### **Métodos para la estimación del gasto energético:**

Para medir el gasto energético se pueden utilizar varios métodos, entre los que se encuentra el método de la calorimetría directa. El que consiste en encerrar al trabajador durante la realización de su actividad laboral en una especie de cápsula (calorímetro) para medir la cantidad de calor generado a partir de la energía consumida por este durante el trabajo. Este método se basa en el supuesto hecho que toda la energía consumida durante el trabajo se convierte en calor. De forma general, aplicar este método se vuelve algo difícil debido a que a muchas actividades laborales resulta imposible encerrarlas en un calorímetro. Por lo que generalmente se emplea solamente a nivel de laboratorio con fines investigativos.

Otro de los métodos utilizado en la práctica se fundamenta en el método anterior, pero en lugar de medir directamente el calor generado por el sujeto lo hace indirectamente, por lo que se denomina calorimetría indirecta. Se basa en que la generación de calor se realiza debido a la oxidación de los alimentos, por lo que se puede determinar midiendo el oxígeno consumido por el sujeto durante el trabajo.

El gasto energético se obtiene de multiplicar el valor del consumo de oxígeno medido durante la realización del trabajo por el valor calorífico del oxígeno que depende del tipo de alimento consumido (ver tabla 1). Como las personas consumen una combinación de carbohidratos, proteínas y grasas se puede trabajar con un valor de  $20 \text{ kJ/l}$ .

**Tabla 1. Valor calórico del oxígeno.**

| Combustible   | Valor Calórico del Oxígeno |                     |
|---------------|----------------------------|---------------------|
|               | Kj/ $\text{IO}_2$          | Kcal/ $\text{IO}_2$ |
| Carbohidratos | 21.14                      | 5.05                |
| Grasas        | 19.85                      | 4.75                |
| Proteínas     | 18.67                      | 4.46                |

Este método consiste entonces, en medir el consumo de O<sub>2</sub> del individuo durante el trabajo y hallar el gasto energético (GE) según la expresión:

$$GE = (VO_2) \times (Vc O_2)$$

donde:

**GE:** Gasto energético, en J/min. o Kcal./min.

**VO<sub>2</sub>:** Consumo de O<sub>2</sub>, en l/min.

**Vc O<sub>2</sub>:** Valor calórico del O<sub>2</sub>, en J/l o Kcal. /l.

Por tanto:

- Gasto energético requerido por la actividad > Gasto energético del hombre (Existen afectaciones)
- Gasto energético requerido por la actividad ≤ Gasto energético del hombre (No existen afectaciones)

A continuación, veremos cómo estimar el consumo metabólico a través de tablas.

#### **Estimación del Gasto Energético a partir de tablas de valores estándares.**

Cuando se estima el metabolismo a través de tablas de valores estándares implica aceptar valores predeterminados para distintos tipos de actividad, esfuerzo, movimiento, y admitir que la población que se está estudiando en ese momento, se ajusta a la que sirvió de base para la confección de las tablas, como que las acciones generadoras de un gasto energético, son en nuestro caso, las mismas que las expresadas en las tablas. (NTP 323, 1993).

Estos dos factores constituyen las desviaciones más importantes respecto de la realidad y motivan que los métodos de estimación del consumo metabólico mediante tablas ofrezcan menor precisión que los basados en mediciones de parámetros fisiológicos. A cambio son mucho más fáciles de aplicar y en general son más utilizados. Los métodos más utilizados se pueden encontrar en la norma ISO 8996:1990, lo cual se resume a continuación.

- **Consumo metabólico según el tipo de actividad**

Mediante este sistema se puede clasificar de forma rápida el consumo metabólico en reposo, ligero, moderado, pesado o muy pesado, en función del tipo de actividad desarrollada (ver tabla 2).

**Tabla 2. Clasificación del metabolismo por tipo de actividad.**

| Tabla 2. Clasificación del régimen metabólico para tipos de actividades. |                                                                   |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Clases                                                                   | Valor para ser usado para el cálculo del régimen metabólico medio |     | Ejemplos                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|                                                                          | (w/m <sup>2</sup> )                                               | w   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 0<br>Descansando                                                         | 65                                                                | 115 | Descansando                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 1<br>Régimen metabólico bajo                                             | 100                                                               | 180 | Sentado descansando: trabajo manual ligero; (escribiendo, mecanografiando, dibujando, cosiendo, contadora); trabajo con la mano y el brazo; (herramientas pequeñas de banco, inspección, ensamblaje o selección de materiales ligeros); trabajo de brazos y piernas (manejando un vehículo en condiciones normales, operando un chuchó de pie o pedal).<br>Parado: taladrando (piezas pequeñas, torneando piezas pequeñas); enrollando; enrollado de pequeñas armaduras, maquinado con herramientas de baja potencia; caminar ocasionalmente (velocidad de hasta 3,5 Km/h) |
| 2<br>Régimen metabólico moderado                                         | 165                                                               | 295 | Trabajo con mano y brazo sostenido (martillando puntillas, llenado); trabajo de brazo y pierna (operación de grúas fuera de la carretera, equipos de tractores o de la construcción); trabajo de brazo y tronco (trabajo con martillo neumático, ensamblaje de tractores, enlucido, manipulación intermitente de materiales moderadamente pesado, escardado, guataqueado, recogida de frutas y vegetales, empujando o halando carros ligeros o carretillas, caminando a una velocidad entre 3,5 y 5,5 Km/h, forjado)                                                       |
| 3<br>Régimen metabólico alto                                             | 230                                                               | 415 | Trabajo intenso con el brazo y el tronco (cargando materiales pesados, paleando, serruchado, aplanado o cepillado de madera dura, arando a mano, escarvando o cavando, caminando a una velocidad entre 5,5 y 7 Km/h)<br><br>Empujando o halando carros pesadamente cargado o carretillas; desmoldeo de piezas fundidas; colocación de bloques de concreto.                                                                                                                                                                                                                 |
| 4<br>Régimen metabólico muy alto                                         | 290                                                               | 520 | Actividad muy intensa tan rápido como sea posible; trabajando con hacha, paleando o cavado intenso, subiendo escaleras o rampas, caminando rápido con pasos pequeños, corriendo, caminando a una velocidad mayor de 7 Km/h.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

### Ejemplo 1

Estimación del consumo metabólico medio aproximado del trabajo típico de oficina.

A través de la tabla 2 y teniendo en cuenta las actividades que suelen realizarse en una oficina, se obtiene el valor del consumo metabólico medio:

$M = 100 \text{ w/m}^2$ , clasificable como metabolismo ligero.

- Consumo metabólico según la profesión u ocupación**

Se obtiene el consumo metabólico a través de tablas (tabla 3) que lo relacionan con diferentes profesiones. Hay que tener en cuenta que en los valores que figuran en dicha tabla se incluye el metabolismo basal, que se define más adelante.

El progreso tecnológico hace que la actividad física que conllevan las distintas profesiones varíe sustancialmente con el tiempo, por lo que este método puede ser muy impreciso.

**Tabla 3. Clasificación del metabolismo según la profesión**

| Ocupación                                           | Valores de Metabolismo (w/m <sup>2</sup> ) |
|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| <b>Operarios</b>                                    |                                            |
| Albañil (poner ladrillos)                           | 110 a 160                                  |
| Carpintero                                          | 110 a 175                                  |
| Vidriero                                            | 90 a 125                                   |
| Pintor                                              | 100 a 130                                  |
| Panadero                                            | 110 a 140                                  |
| Carnicero                                           | 105 a 140                                  |
| Relojero                                            | 55 a 70                                    |
| <b>Industria Minera</b>                             |                                            |
| Operador de equipos de tiro                         | 70 a 85                                    |
| cortador de carbón (estratificación baja)           | 140 a 240                                  |
| Operador de horno de Coque                          | 115 a 175                                  |
| <b>Industria del Hierro y el Acero (Siderurgia)</b> |                                            |
| Operador de horno de fundición de carbón            | 170 a 220                                  |
| Operador de horno de fundición eléctrico            | 125 a 145                                  |
| Moldeador manual                                    | 140 a 240                                  |
| Moldeador a máquina                                 | 105 a 165                                  |
| Fundidor                                            | 140 a 240                                  |
| <b>Industria del Metal</b>                          |                                            |
| Herrero                                             | 90 a 200                                   |
| Soldador                                            | 75 a 125                                   |
| Tornero                                             | 75 a 125                                   |
| Operador de taladro                                 | 80 a 140                                   |
| Mecánico de precisión                               | 70 a 110                                   |
| <b>Artes Gráficas</b>                               |                                            |
| Compositor manual                                   | 70 a 95                                    |
| Encuadernador                                       | 75 a 100                                   |
| <b>Agricultura</b>                                  |                                            |
| Jardinero                                           | 115 a 190                                  |
| Chofer de tractor                                   | 85 a 110                                   |
| <b>Tráfico</b>                                      |                                            |
| Chofer de auto                                      | 70 a 90                                    |
| Chofer de ómnibus                                   | 75 a 125                                   |
| Chofer de tranvía                                   | 80 a 115                                   |
| Chofer de carretilla eléctrica                      | 80 a 125                                   |
| Chofer de grúa                                      | 65 a 145                                   |
| <b>Profesiones varias</b>                           |                                            |
| Asistente de laboratorio                            | 85 a 100                                   |
| Maestro                                             | 85 a 100                                   |
| Operaria de taller                                  | 100 a 120                                  |
| Secretaria                                          | 70 a 85                                    |

## Ejemplo 2

Estimación del consumo metabólico de un soldador.

Mediante la (tabla 3) se obtiene:

$$M = 75 \text{ a } 125 \text{ w/m}^2$$

- Consumo metabólico a partir de los componentes de la actividad**

Mediante este tipo de tablas se dispone, por separado, de información sobre posturas, desplazamientos, de forma que la suma del gasto energético que suponen esos componentes, que en conjunto integran la actividad, es el consumo metabólico de esa actividad. Es posiblemente el sistema más utilizado para determinar el consumo metabólico.

Los términos a sumar son los siguientes:

- Metabolismo basal.** Es el consumo de energía de una persona acostada y en reposo. Representa el gasto energético necesario para mantener las funciones vegetativas (respiración, circulación). Puede tomarse como una buena aproximación, 44 w/ m<sup>2</sup> para

los hombres y 41 w/m<sup>2</sup> para mujeres (corresponden aproximadamente al metabolismo basal de un hombre de 1,7 metros de altura 70 Kg de peso y 35 años de edad, y de una mujer de 1,6 metros de altura, 60 Kg de peso, y 35 años).

- **Componente postural.** Es el consumo de energía que tiene una persona en función de la postura que mantiene (de pie, sentado). La tabla 4 muestra los valores correspondientes.

**Tabla 4. Metabolismo para la postura corporal. Valores excluyendo el metabolismo basal.**

Tabla Valores de metabolismo según la postura del cuerpo, excluyendo el metabolismo basal.

| Postura del cuerpo | Metabolismo (w/m <sup>2</sup> ) |
|--------------------|---------------------------------|
| Sentado            | 10                              |
| Arrodillado        | 20                              |
| Agachado           | 20                              |
| Parado             | 25                              |
| Parado en atención | 30                              |

- **Componente del tipo de trabajo.** Es el gasto energético que se produce en función del tipo de trabajo (manual, con un brazo, con el tronco) y de la intensidad de éste (ligero, moderado, pesado) (ver tabla 5).

**Tabla 5. Metabolismo para distintos tipos de actividades (excluyendo el metabolismo basal).**

Tabla 5C Valores de metabolismo para diferentes tipos de trabajo excluyendo el metabolismo basal.

| Tipo de trabajo               | Valores de metabolismo (w/m <sup>2</sup> ) |           |
|-------------------------------|--------------------------------------------|-----------|
|                               | Valor medio                                | Rango     |
| <b>Trabajo manual</b>         |                                            |           |
| Ligero                        | 15                                         | < 20      |
| Moderado                      | 30                                         | 20 a 35   |
| Pesado                        | 40                                         | > 35      |
| <b>Trabajo con un brazo</b>   |                                            |           |
| Ligero                        | 35                                         | < 45      |
| Moderado                      | 55                                         | 45 a 65   |
| Pesado                        | 75                                         | > 65      |
| <b>Trabajo con dos brazos</b> |                                            |           |
| Ligero                        | 65                                         | < 75      |
| Moderado                      | 85                                         | 75 a 95   |
| Pesado                        | 105                                        | > 95      |
| <b>Trabajo con el tronco</b>  |                                            |           |
| Ligero                        | 125                                        | < 155     |
| Moderado                      | 190                                        | 155 a 230 |
| Pesado                        | 280                                        | 230 a 330 |
| Muy pesado                    | 390                                        | > 330     |

- **Componente de desplazamiento.** Se refiere al consumo de energía que supone el hecho de desplazarse, horizontal o verticalmente a una determinada velocidad. El uso de la tabla 6, donde figuran estos datos, implica multiplicar el valor del consumo metabólico, por la velocidad de desplazamiento para obtener el gasto energético correspondiente al desplazamiento estudiado.

**Tabla 6. Metabolismo del desplazamiento en función de la velocidad del mismo (excluyendo el metabolismo basal).**

Tabla Valores de metabolismo relativos a la velocidad de trabajo excluyendo el metabolismo basal.

| Tipo de trabajo                                             | Valores de metabolismo relativos a la velocidad de trabajo (w/m²) / (m/s) |
|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| Velocidad de trabajo relativa a la distancia                |                                                                           |
| Caminando entre 2 a 5 Km/h                                  | 110                                                                       |
| Caminando pendiente arriba entre 2 a 5 Km/h                 |                                                                           |
| Inclinación 5°                                              | 210                                                                       |
| Inclinación 10°                                             | 360                                                                       |
| Caminando pendiente abajo a 5 Km/h                          |                                                                           |
| Pendiente 5 °                                               | 60                                                                        |
| Pendiente 10 °                                              | 50                                                                        |
| Caminando con carga sobre la espalda a 4 Km/h               |                                                                           |
| 10 Kg. de carga                                             | 125                                                                       |
| 30 Kg. de carga                                             | 185                                                                       |
| 50 Kg. de carga                                             | 285                                                                       |
| Velocidad de trabajo relativa a la altura                   |                                                                           |
| Subir escalera                                              | 1725                                                                      |
| Bajar escalera                                              | 480                                                                       |
| Escalera de peldaño (del tipo utilizado por los eléctricos) |                                                                           |
| Sin carga                                                   | 1660                                                                      |
| Con 10 Kg. de carga                                         | 1870                                                                      |
| Con 50 Kg. de carga                                         | 3320                                                                      |
| Escalera vertical                                           |                                                                           |
| Sin carga                                                   | 2030                                                                      |
| Con 10 Kg. de carga                                         | 2335                                                                      |
| Con 50 Kg. de carga                                         | 4750                                                                      |

Lo cual quedaría como:

$$GE = A + B + CD + MB$$

donde:

A: Componente postural.

B: Componente del tipo de trabajo.

CD: Componente de desplazamiento.

MB: Metabolismo basal.

### Ejemplo 3

Cálculo del consumo metabólico de un individuo (varón) de 37 años de edad, que realiza un trabajo de limpieza del pavimento de una nave de producción, manejando con ambos brazos una barredora-aspiradora industrial automotora que recorre 20 metros en 30 segundos.

Metabolismo basal 44 w/m²

Componente postural (ver tablas) 0 w/m²

Componente del tipo de trabajo (tabla 5)  
moderado con dos brazos 85 w/m²

Componente de desplazamiento (tabla 6)



caminar despacio ( $110 \text{ w/m}^2/\text{m/s}$ )

velocidad =  $20 \text{ m} / 30 \text{ s} = 0,666 \text{ m/s}$

$73 \text{ w/m}^2$

$0,666 \text{ m/s} \times 110 \text{ w/m}^2$

$202 \text{ w/m}^2$

#### Ejemplo 4

Cálculo del consumo metabólico de un individuo (varón) de 25 años de edad, que suelda piezas metálicas con soldadura eléctrica al arco de electrodos consumibles. El tipo de trabajo puede considerarse moderado con un brazo (manejo del electrodo) y la posición de trabajo es de pie, ligeramente inclinado sobre la pieza a soldar.

Metabolismo basal

$47 \text{ w/m}^2$

Componente postural

$30 \text{ w/m}^2$

Componente del tipo de trabajo

$55 \text{ w/m}^2$

Componente de desplazamiento

$0 \text{ w/m}^2$

Consumo metabólico global M

$132 \text{ w/m}^2$

#### Otros criterios para la estimación de la carga de trabajo

- **Criterio de Frimat.**

Según los criterios de Frimat para la estimación de la carga de trabajo, se asignan coeficientes de penosidad (de 1 a 6) a los diferentes criterios cardiacos, donde el 1 corresponde con la menor penosidad y el 6 con la mayor. La suma de dichos coeficientes permite asignar una puntuación al puesto de trabajo clasificándolo según su penosidad (ver tabla 7)

**Tabla 7. Coeficientes de penosidad, según los criterios de FRIMAT (ISO 8996).**

| Criterios de Frimat                    |         |         |         |         |       |
|----------------------------------------|---------|---------|---------|---------|-------|
| COEFICIENTE DE PENOSIDAD               |         |         |         |         |       |
|                                        | 1       | 2       | 4       | 5       | 6     |
| <b>FCM</b> (Pul/min)                   | 90-94   | 95-99   | 100-104 | 105-109 | > 110 |
| <b><math>\Delta</math>FC</b> (Pul/min) | 20-24   | 25-29   | 30-34   | 35-39   | > 40  |
| <b>FC<sub>máx</sub></b> (Pul/min)      | 110-119 | 120-129 | 130-139 | 140-149 | > 150 |
| <b>CCA</b>                             | 10      | 15      | 20      | 25      | 30    |
| <b>CCR</b>                             | 10%     | 15%     | 20%     | 25%     | 30%   |

donde:

FCB: Frecuencia cardiaca basal o de reposo.

FCM: Frecuencia cardiaca media.

FCM<sub>máx.t</sub>: Frecuencia cardiaca máxima teórica.

FC<sub>máx</sub>: Frecuencia cardiaca máxima.

FCM<sub>máx.t</sub>=  $220 - \text{Edad (en años)}$

**FC media de trabajo (FCM):** Es la frecuencia media de trabajo para las horas de registro; se toma la media de todos los valores obtenidos durante el periodo determinado. El rango de dicha variable estará comprendido entre el percentil 5 ( $FCM_{\min}$ ) y el percentil 95 ( $FCM_{\max}$ ).

El **Costo Cardíaco absoluto** permite estudiar la tolerancia individual de un trabajador frente a una tarea determinada. Aunque da sólo una idea aproximada de la carga física de un puesto de trabajo. Se calcula por la expresión siguiente:

$$CCA = FCM - FCB$$

El **Costo Cardíaco relativo** ofrece una idea de la adaptación del sujeto a su puesto de trabajo. Se utiliza como frecuencia máxima teórica el valor  $FCM_{\max.t} = (220 - \text{edad})$ , con lo que se asume un error de un 5% con respecto a la real que se determina mediante una prueba de esfuerzo. Se puede calcular por la expresión siguiente:

$$CCR = \frac{CCA}{(FCM_{\max.t} - FCB)}$$

**Aceleración de la FC:**

$$\Delta FC = FCM_{\max.t} - FCM$$

A partir de todos estos valores, se puede categorizar el puesto de trabajo estudiado según la carga física que representa.

**Valoración de las puntuaciones:**

La determinación de la puntuación se efectúa mediante la suma de los coeficientes correspondientes a los cinco factores medidos. ( $FCM; \Delta FC; FC_{\max}; CCA; CCR$ ).

La valoración del coeficiente de penosidad se realiza partiendo de la tabla 8.

**Tabla 8. Evaluación del coeficiente de penosidad.**

|                    |                            |
|--------------------|----------------------------|
| <b>25 PUNTOS</b>   | <i>Extremadamente duro</i> |
| <b>24 PUNTOS</b>   | <i>Muy duro</i>            |
| <b>22 PUNTOS</b>   | <i>Duro</i>                |
| <b>20 PUNTOS</b>   | <i>Penoso</i>              |
| <b>18 PUNTOS</b>   | <i>Soportable</i>          |
| <b>14 PUNTOS</b>   | <i>Ligero</i>              |
| <b>12 PUNTOS</b>   | <i>Muy ligero</i>          |
| <b>≤ 10 PUNTOS</b> | <i>Carga física mínima</i> |

- **Criterio de Chamoux.**

Este criterio (tabla 9) se aplica tan sólo en la valoración global del puesto de trabajo y para duraciones de jornada laboral de ocho horas consecutivas.

**Tabla 9. Evaluación a partir del CCA y el CCR**

| A partir del CCA<br>Coste absoluto del<br>puesto de trabajo | A partir del CCR<br>Coste relativo para<br>el trabajador |
|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| 0-9 muy ligero                                              | 0-9 muy ligero                                           |
| 10-19 ligero                                                | 10-19 ligero                                             |
| 20-29 muy moderado                                          | 20-29 moderado                                           |
| 30-39 moderado                                              | 30-39 bastante pesado                                    |
| 40-49 algo pesado                                           | 40-49 pesado                                             |
| 50-59 pesado                                                |                                                          |
| 60-69 intenso                                               |                                                          |

Con este criterio se puede clasificar directamente la penosidad del trabajo en función del costo cardíaco absoluto y el costo cardíaco relativo.

Como una valoración de referencia más sencilla, se puede utilizar la clasificación de la tabla 10, la que tiene en cuenta la frecuencia cardíaca máxima y su variación durante la ejecución del trabajo.

**Tabla 10. Evaluación a partir de la FCM y la  $\Delta FC$ .**

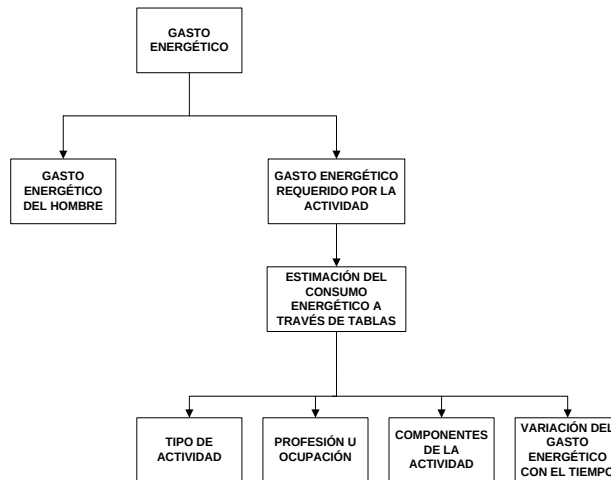
| Demanda cardíaca | FCM       | $\Delta FC$ |
|------------------|-----------|-------------|
| Importante       | > 110     | > 30        |
| Soportable       | 100 a 110 | 20 a 30     |
| Aceptable        | < 100     | < 20        |

Estos criterios son insuficientes cuando para ejecutar el trabajo, se requiere de la participación de pocos músculos o la mayoría de los esfuerzos realizados son estáticos, en cuyo caso, el gasto energético puede ser considerado relativamente bajo mientras los músculos involucrados son sobrecargados.

**Conclusiones generales de la clase:**

**Generalización de los contenidos orientados:**





### **Orientación del estudio independiente:**

- ¿Por qué es necesario estimar el gasto energético?

### **Bibliografía:**

- Instituto de estudios e investigaciones del trabajo. Recomendaciones metodológicas para el estudio de los métodos de trabajo. Febrero/2003
- Alonso, A. y otros, Ergonomía, Editorial Félix Varela, La Habana, 2006.
- Fundación MAPFRE, Manual de Ergonomía, Editorial MAPFRE S.A., Madrid, 1995.

### **Nexo- motivación de la próxima clase:**

En la próxima clase profundizaremos el estudio de la capacidad de trabajo físico y la estimación de gasto energético mediante la solución de casos de estudio.

**Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez"**

**Facultad de Ingeniería**

**Departamento Ingeniería Industrial**

**Asignatura:** Organización de Procesos y Puestos.

**Tema III: Estudios de Métodos a nivel de puesto.**

**Clase Práctica No. 10.**

**Sumario:**

1. Resolución de ejercicios relacionados con la Capacidad de trabajo físico.

**Objetivo:**

1. Determinar la capacidad de trabajo físico, mediante ejercicios propuestos.

**Bibliografía:**

- Marsán, J. Y colectivo de autores. Ingeniería de Métodos.

**Desarrollo:**

En la clase práctica se dará solución a los ejercicios relacionados con la capacidad de trabajo físico orientados anteriormente. Deberá enviarse estudiantes a la pizarra a resolver dichos ejercicios, se aclararán las dudas y puntualizarán los contenidos más importantes.

**Ejercicios Propuestos:**

1. En un almacén los obreros que trabajan en el mismo se han quejado de fatiga física, debido a que tienen que estibar diferentes cargas, todas mayores a 50 Kg. A raíz de esto el director de la Empresa orienta hacer un estudio del esfuerzo físico, para evaluar si se pueden producir consecuencias perjudiciales a la salud de los obreros, para ello debe determinar la capacidad de trabajo físico y verificar si los mismos están aptos para realizar dicha actividad. Esta actividad es considerada como pesada.

Para llevar a cabo lo expuesto anteriormente se realizan las mediciones siguientes:

Datos de los obreros que trabajan en el almacén:

|          | Edad | Peso (Kg) | Talla (cm) | Ritmo cardiaco en reposo (puls/min) |
|----------|------|-----------|------------|-------------------------------------|
| Obrero 1 | 24   | 79        | 180        | 68                                  |
| Obrero 2 | 25   | 73        | 175        | 70                                  |

Resultados de la prueba del veloergómetro:

| Potencia (W) | Tiempo de trabajo (min) | Ritmo cardiaco (puls/min) |          | Tiempo de descanso (min) |
|--------------|-------------------------|---------------------------|----------|--------------------------|
|              |                         | Obrero 1                  | Obrero 2 |                          |
| 50           | 6                       | 87                        | 89       | 3                        |
| 75           | 6                       | 99                        | 104      | 5                        |
| 100          | 6                       | 110                       | 113      | 10                       |

2. En un puesto de trabajo de un taller, el obrero que labora en el mismo lo abandona constantemente a fatigas, se ve la posibilidad que el mismo no este apto físicamente para realizar dichas funciones. Para comprobar esta hipótesis se le realiza se le realizan un grupo de prueba, entre las que se encuentran la prueba PWC<sub>170</sub>. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

| PWC <sub>170</sub>     |                                                       |
|------------------------|-------------------------------------------------------|
| 1era Carga             | 2da Carga                                             |
| 3er min – 140 puls/min | 3er min – 150 puls/min                                |
| 4to min – 138 puls/min | 4to min – 148 puls/min                                |
| 5to min – 136 puls/min | 5to min – 146 puls/min                                |
| Peso: 65Kg             | Edad: 45 años      Pulsaciones en reposo: 91 puls/min |

Usted como Ingeniero Industrial especialista en el tema se le pide que diagnostique la situación, además de analizar las implicaciones fisiológicas que puede ocasionar sobre el obrero trabajar en esas condiciones.

Datos adicionales:

El trabajo que desempeña el obrero que se realizó las diferentes pruebas de capacidad de trabajo físico es catalogado como pesado.

3. En un puesto de trabajo a dos obreras que laboran en el mismo se le realiza un estudio de la capacidad de trabajo físico, mostrándose a modo de ejemplo los siguientes resultados obtenidos:

Prueba del escalón:

|          | Ritmo cardiaco a los 5 minutos a un ritmo de: |              |              |
|----------|-----------------------------------------------|--------------|--------------|
|          | 17 veces/min                                  | 26 veces/min | 34 veces/min |
| Obrero 1 | 90                                            | 125          | 156          |
| Obrero 2 | 95                                            | 140          | 164          |

Usted como especialista en el tema, se le pide que diagnostique la situación, además de analizar las implicaciones fisiológicas que puede ocasionar trabajar bajo las condiciones existentes.

Datos adicionales:

- Datos de los obreros que trabajan en dicho puesto.

|          | Edad | Peso (Kg) | Talla (cm) | Ritmo cardiaco en reposo (puls/min) |
|----------|------|-----------|------------|-------------------------------------|
| Obrera 1 | 24   | 68        | 180        | 68                                  |
| Obrera 2 | 25   | 73        | 175        | 70                                  |

- El trabajo que realizan las obreras es catalogado como moderado.

4. Se quiere realizar la prueba de Harvard a un trabajador de 17 años y que su talla y peso es de 165 cm y 60 Kg respectivamente. Determine:

- Altura y duración de la prueba que le corresponde:
- Si después de realizada la prueba se obtienen los siguientes resultados:

Pulso 0 – 30 del 2do min – 66

Pulso 0 – 30 del 3er min – 64

Pulso 0 – 30 del 4to min – 60

Obtenga el ISTH y el tipo de trabajo que le corresponde.

**Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez"**

**Facultad de Ingeniería**

**Departamento Ingeniería Industrial**

**Asignatura:** Organización de Procesos y Puestos.

**Tema III: Estudios de Métodos a nivel de puesto.**

**Clase Práctica No. 11.**

**Sumario:**

2. Resolución de ejercicios relacionados con el gasto energético.

**Objetivo:**

1. Estimar el gasto energético requerido por la actividad, mediante la solución de casos de estudio.

**Bibliografía:**

- Marsán, J. Y colectivo de autores. Ingeniería de Métodos.

**Desarrollo:**

En la clase práctica se solucionarán dos casos de estudio relacionados con el tema. Se distribuirá a los estudiantes del grupo por colectivos para que trabajen en resolver el caso. Deberá enviarse estudiantes a la pizarra a resolver los ejercicios, se aclararán las dudas y puntualizarán los contenidos más importantes.

**Casos de Estudio resueltos:**

**CASO DE ESTUDIO No.1**

A continuación, se muestra un obrero que realiza las actividades siguientes:

| <b>Actividades de trabajo</b>                                                              | <b>Duración</b> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1. Coloca la paleta vacía para ser cargada                                                 | 42 seg.         |
| 2. Toma una caja de la estera y la coloca en el puesto de trabajo                          | 12 seg.         |
| 3. Toma una caja del puesto de trabajo y la coloca en la paleta                            | 15 seg.         |
| 4. Empuja la paleta llena para moverla de posición y pueda ser recogida por un montacargas | 30 seg.         |

Las operaciones 2 y 3 se repiten 64 veces para llenar cada paleta. Cuando concluye la actividad 4 comienza de nuevo a partir de la actividad 1. La paleta vacía pesa 5 Kg. Cada caja pesa 2 Kg.

La jornada laboral dura 9 horas, de ellas 7,5 horas de trabajo y 1,5 horas de descanso.

En el puesto trabaja un obrero de las características siguientes:

|                             |                            |
|-----------------------------|----------------------------|
| Estatura                    | 1,80 m                     |
| Peso                        | 76 kg.                     |
| Capacidad de trabajo físico | 3,2 IO <sub>2</sub> / min. |



Analice si el trabajo físico que está realizando el trabajador puede ocasionarle afectaciones a la salud.

**Solución:**

Para hacer este análisis, se determinará el Gasto Energético ponderado (GEP) de la actividad según el método de trabajo descrito anteriormente para compararlo con el 30 % de la Capacidad de Trabajo Físico (CTF).

Cálculo de la superficie corporal:

$$SC = 0.202(P_c)^{0.425}(H)^{0.725}$$

Pc = 76 Kg.

H = 1, 80 m

SC = 1,95 m<sup>2</sup>

MB = 44 W/ m<sup>2</sup> = 85, 75 W

Buscando en las tablas de Valores estándar:

| Actividad | Postura w/m <sup>2</sup> | Tipo de trabajo w/m <sup>2</sup> | Veloc. Trab. (w/m <sup>2</sup> ) / (m/s) |
|-----------|--------------------------|----------------------------------|------------------------------------------|
| 1         | 20,00                    | 125,00                           | 0,00                                     |
| 2         | 25,00                    | 125,00                           | 0,00                                     |
| 3         | 20,00                    | 125,00                           | 0,00                                     |
| 4         | 25,00                    | 280,00                           | 0,00                                     |
| Descanso  | 10,00                    | 0,00                             | 0,00                                     |

Para calcular el gasto energético de cada actividad se utiliza la expresión:

GE = MB + GE de Postura + GE del tipo de trabajo + GE de la veloc. Trabajo:

| Actividad | MB (W) | GE de Postura (W) | GE del Tipo de trabajo (W) | GE (W) |
|-----------|--------|-------------------|----------------------------|--------|
| 1         | 85,75  | 38,98             | 243,60                     | 368,33 |
| 2         | 85,75  | 48,72             | 243,60                     | 378,07 |
| 3         | 85,75  | 38,98             | 243,60                     | 368,33 |
| 4         | 85,75  | 48,72             | 545,67                     | 680,14 |
| Descanso  | 85,75  | 19,49             | 0,00                       | 105,24 |

**Determinación del # de ciclos:**

JL = 9 horas

JL = 540 min

**JL= 32400 seg.**

Tiempo de Trabajo = 7,5 horas

Tiempo de Trabajo = 450 min

**Tiempo de Trabajo = 27000 seg.**

Tiempo de Descanso = 1,5 horas

Tiempo de Descanso = 90 min

**Tiempo de Descanso = 5400 seg.**

**Duración del ciclo de trabajo:**

| Actividad   | Duración (seg.) |
|-------------|-----------------|
| 1           | 42              |
| 2           | 768             |
| 3           | 960             |
| 4           | 30              |
| Total (seg) | 1800            |

# Ciclos/día = Tiempo de Trabajo / Duración del ciclo

De aquí se tiene obtiene:

**# Ciclos/día = 15**

**Cálculo del gasto energético ponderado:**

| Actividad        | Duración (seg.) | Frecuencia en el ciclo | #Ciclos | Duración total (seg.) | GE (J/seg.) | GE (J)            |
|------------------|-----------------|------------------------|---------|-----------------------|-------------|-------------------|
| <b>1</b>         | 42              | 1                      | 15      | 630                   | 368,33.     | 232044,9          |
| <b>2</b>         | 768             | 64                     | 15      | 11520                 | 378,07      | 4355358,6         |
| <b>3</b>         | 960             | 64                     | 15      | 14400                 | 368,33      | 5303883,9         |
| <b>4</b>         | 30              | 1                      | 15      | 450                   | 680,14      | 306060,8          |
| <b>Descansos</b> | 5400            | 1                      | 1       | 5400                  | 105,24      | 568273,3          |
| <b>GE Total</b>  |                 |                        |         |                       |             | <b>10765621,5</b> |

GE ponderado = **GE Total (J)**

**JL (seg)**

GE ponderado = 332,27 J/seg.

GE ponderado = 332,27 W

GE ponderado = 170,39 W/m<sup>2</sup>

**GE ponderado = 0,996 IO<sub>2</sub>/min**

CTF = 3,2 IO<sub>2</sub> / min

**30% CTF = 0,96 IO<sub>2</sub> /min**

### COMPARANDO la CTF y GE ponderado.

GE ponderado = 332.27 J/seg  
GE ponderado = 332.27 W  
GE ponderado = 170.50 w/m<sup>2</sup>  
**VCO<sub>2</sub> = 20 KJ/IO<sub>2</sub>**  
CTF obrero = 

|      |
|------|
| 3.20 |
|------|

 l/min  
30 % CTF = 0.96 l/min  
30 % CTF = 19.20 KJ/min  
30 % CTF = 320.0 J/seg  
30 % CTF = 320.0 W  
30 % CTF = 164.2 w/m<sup>2</sup>  
**GE 30% CTF**  
170.5 **COMPARAR** 164.20

**GEp ≥ 30% CTF**

**170,5 w/m<sup>2</sup> ≥ 164,2 w/m<sup>2</sup>**

**0,996 IO<sub>2</sub>/min ≥ 0,96 IO<sub>2</sub> /min**

Lo que significa que el trabajador no está apto físicamente para realizar esta actividad física siguiendo este método de trabajo. Lo que implica que el trabajo que realiza puede ocasionarle afectaciones a su salud. En este caso, los valores de GE y CTF dan muy aproximados, lo que podría tenerse en cuenta a la hora de tomar la decisión, ya que a estos valores se llegó haciendo aproximaciones.

### CASO DE ESTUDIO No.2

En la empresa ARCA, que se dedica a la fabricación de cajas para el tabaco de exportación, se encuentra el puesto de trabajo de hilado de planchas de *plywood* (ver figura). En él se cortan en tiras dichas planchas, las que se utilizan para la confección de las cajas. El Departamento de Recursos Humanos de la empresa está ofreciendo una plaza para ocupar este puesto, para la que se presentó un hombre con las características siguientes:

Estatura: 178 cm Peso corporal: 75 Kg Edad: 24 años

El equipo de selección de personal decidió hacer un estudio de capacidad de trabajo físico mediante la prueba del escalón y se obtuvieron los datos siguientes:

|          | Ritmo cardíaco a los 5 min a un ritmo de: |              |              |
|----------|-------------------------------------------|--------------|--------------|
|          | 17 veces/min                              | 26 veces/min | 34 veces/min |
| Operario | 92                                        | 125          | 140          |

Además, se le determinó la capacidad de trabajo físico mediante el método de regresión lineal y se obtuvo un resultado de  $VO_2\text{máx} = 3,85 \text{ lO}_2/\text{min}$ .

El régimen de trabajo de la empresa es:

|          |          |          |
|----------|----------|----------|
| 8:00 am  | 10:00 am | Trabajo  |
| 10:00 am | 10:15 am | Merienda |
| 10:15 am | 12:00 pm | Trabajo  |
| 12:00 pm | 1:00 pm  | Almuerzo |
| 1:00 pm  | 4:00 pm  | Trabajo  |
| 4:00 pm  | 4:15 pm  | Merienda |
| 4:15 pm  | 5:00 pm  | Trabajo  |



**Figura 1:** Puesto de trabajo de hilado.

Las actividades que debe realizar durante el trabajo son:

- Actividad 1: Coger una de las planchas de *plywood* depositada sobre la mesa. (1 seg.)
- Actividad 2: Retroceder (caminando 2,5 m), sosteniendo la plancha con ambas manos. (2,4 seg.)
- Actividad 3: Introducir la plancha (mientras camina hacia adelante 2,5 m), en la sierra, sosteniéndola con ambas manos. (3,5 seg.)
- Actividad 4: Los descansos.

Las actividades 2 y 3 se repiten 10 veces antes de coger una nueva plancha.

Considere despreciable el peso de la plancha de *plywood*.

A usted se le pide determinar si el candidato a esta plaza puede ocuparla, teniendo en cuenta el esfuerzo físico que requiere el puesto.

#### **Solución:**

Para conocer si el obrero está apto para ocupar la plaza de trabajo que se ofrece, se va a realizar un análisis de capacidad de trabajo físico (CTF) del individuo y gasto energético (GE) de la actividad. Donde el GE debe ser menor o igual que el 30% CTF.

Para estimar la capacidad de trabajo en este caso se puede efectuar por la vía de la prueba del escalón para lo cual se tiene:

$$FC_{\text{máx}} = 220 - \text{Edad}$$

$$FC_{\text{máx}} = 220 - 24$$

$$FC_{\text{máx}} = 196 \text{ puls / min.}$$

$$F_{\text{cref}} = 65\% (FC_{\text{máx}})$$

$$F_{\text{cref}} = 65\% (196)$$

$$F_{\text{cref}} = 127,4 \text{ puls / min.}$$

En este caso:

$FC_{\text{submax}} \geq F_{\text{cref}}$  cuando se realiza la prueba a 34 veces/ min

Con el valor de la  $FC_{\text{submax}}$  se entra en la tabla de 34 veces/ min y se obtiene:

$VO_{2\text{max}} = 395$ , este valor se divide entre 100 y se multiplica por el factor de corrección que en este caso es 1 y se obtiene:

$$VO_{2\text{max}} = 3,95 \text{ IO}_2 / \text{min}$$

Este valor de CTF obtenido por la vía de la prueba del escalón lo comparamos con el obtenido por la vía de la prueba de regresión lineal (dato), y se trabaja con el menor de los dos. Se obtiene entonces que el valor de CTF del obrero es **3,85 IO<sub>2</sub> / min** (el valor de la prueba de regresión lineal por ser menor que el de la prueba del escalón).

Estimación del Gasto Energético a partir de tablas de valores estándar.

$$SC = 0,202 * (Pc^{0.425}) * (H^{0.725})$$

$$SC = 1,92 \text{ m}^2$$

|        |                     |
|--------|---------------------|
| e = MB | 44 w/m <sup>2</sup> |
| e = MB | 84,58 W             |

|                          | Distancia (m) | Tiempo (seg.) |
|--------------------------|---------------|---------------|
| <b>Caminar Sin Carga</b> | <b>2,50</b>   | <b>2,4</b>    |
| <b>Caminar Con Carga</b> | <b>2,50</b>   | <b>3,5</b>    |

De aquí se tiene que:

La velocidad **Sin carga** = 1,04 m/seg.

La velocidad **Con carga** = 0,71 m/seg.

**Recordar:**  $v = \text{distancia} / \text{tiempo}$

Buscar en las tablas los valores estándares.

| Actividad | Postura w/m <sup>2</sup> | Tipo de trabajo w/m <sup>2</sup> | Veloc. Trab. (w/m <sup>2</sup> ) / (m/s) |
|-----------|--------------------------|----------------------------------|------------------------------------------|
| 1         | 25,00                    | 85,00                            | 0,00                                     |
| 2         | 0,00                     | 85,00                            | 110,00                                   |
| 3         | 0,00                     | 85,00                            | 110,00                                   |
| Descansos | 10,00                    | 0,00                             | 0,00                                     |

Para calcular el GE = MB + GE de Postura + GE de TTrabajo + GE de veloc. Trabajo

| Actividad | MB    | GE de Postura | GE del Tipo de trabajo | Veloc. Trab. (m/seg) | GE de la Veloc. Trab. | GE     |
|-----------|-------|---------------|------------------------|----------------------|-----------------------|--------|
| 1         | 84,58 | 48,06         | 163,39                 |                      | 0,00                  | 296,02 |
| 2         | 84,58 | 0,00          | 163,39                 | 0,71                 | 151,03                | 399,72 |
| 3         | 84,58 | 0,00          | 163,39                 | 1,04                 | 220,26                | 469,27 |
| 4         | 0,00  | 0,00          | 0,00                   |                      | 0,00                  | 0,00   |
| Descanso  | 84,58 | 19,22         | 0,00                   |                      | 0,00                  | 103,80 |

#### Determinación del # de ciclos:

Duración del ciclo:

| Actividad           | Duración (seg.) |
|---------------------|-----------------|
| 1                   | 1               |
| 2                   | 24              |
| 3                   | 35              |
| <b>Total (seg.)</b> | <b>60</b>       |
| Total (min)         | 1,0             |

JL = 9 horas

JL = 540 min

**JL= 32400 seg.**

Tiempo de Trabajo = 7,5 horas

Tiempo de Trabajo = 450 min

**Tiempo de Trabajo = 27000 seg.**

Tiempo de Descanso = 1,5 horas

Tiempo de Descanso = 90 min

**Tiempo de Descanso = 5400 seg.**

# Ciclos/día = Tiempo de Trabajo / Duración del ciclo

De aquí se tiene que:

**# Ciclos/día = 450**

Gasto energético ponderado:

| Actividad    | Duración (seg) | # ciclos | Duración total (seg) | GE (J/seg) | GE (J/JL)         |
|--------------|----------------|----------|----------------------|------------|-------------------|
| 1            | 1              | 450      | 450                  | 296.02     | 133211.0          |
| 2            | 24             | 450      | 10800                | 399.72     | 4316930.0         |
| 3            | 35             | 450      | 15750                | 469.27     | 7390947.9         |
| 4            | 0              | 450      | 0                    | 0.00       | 0.0               |
| 5            | 5400           | 1        | 5400                 | 103.80     | 560524.3          |
| <b>Total</b> | <b>Total</b>   |          |                      |            | <b>12401613.3</b> |

GE ponderado = 382.77 J/seg

GE ponderado = 382.77 w  
 GE ponderado = 199.13 w/m<sup>2</sup>  
**VCO<sub>2</sub>= 20 Kj/IO<sub>2</sub>**  
 CTF obrero = 3.85 IO<sub>2</sub>/min  
 30 % CTF= 1.16 l/min  
 30 % CTF= 23.10 KJ/min  
 30 % CTF= 385.0 J/seg  
 30 % CTF= 385.0 w  
 30 % CTF= 200.3 w/m<sup>2</sup>

199.1 < 200.29

#### **GE <30% CTF**

Esto quiere decir que el individuo está apto físicamente para realizar esta actividad física siguiendo este método de trabajo. Lo que implica que el candidato puede ocupar la plaza de trabajo.

### **Casos de estudio propuestos:**

#### **Caso de estudio 1:**

La Sucursal Servisa Cienfuegos presta servicios a las empresas asociadas al MINTUR y a terceras entidades en el territorio central, abarcando las provincias de Villa Clara y Sancti Spíritus, garantizando un mejor empleo de los recursos humanos y materiales del país. Con la prestación de sus servicios, el grupo trabaja para asegurar un producto de calidad y por ende la plena satisfacción de sus clientes.

Se orienta por parte de la dirección de la empresa realizar un análisis de un grupo de indicadores relacionados con la organización del trabajo. Como resultado se da a conocer que uno de los procesos con mayor deterioro de los mismos es el de Porcionamiento del pollo, específicamente el deshuese. Este se desarrolla en la UEB Producciones Alimentarias Cienfuegos.

Se conforma un equipo de trabajo con el objetivo de realizar mejoras en la organización del trabajo, que conlleven a un aumento de la productividad, siendo uno de los aspectos a tratar los requisitos ergonómicos en el puesto que conforma el proceso objeto de estudio. En este proceso labora un operario, el cual es el encargado de realizar todas las actividades.

Como resultado del diagnóstico inicial, específicamente con la verificación de los requisitos planteados en la NC 116: 2001, se obtienen los siguientes resultados:

- No se han realizado estudios sobre el gasto energético en el puesto de trabajo
- Se desconoce la capacidad de trabajo física del trabajador

- No se han realizados estudios antropométricos

Se decide comenzar por el análisis del trabajo físico, para conocer si el obrero se encuentra apto desde el punto vista físico. Por tanto, se realiza un estudio del método de trabajo actual, cuyo resultado se muestra a continuación.

**Tabla No.1: Datos sobre el estudio del método de trabajo para el deshuese del pollo**

| <b>Actividades de trabajo</b>                                                                     | <b>Duración (min)</b> | <b>Número de veces</b> |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|------------------------|
| Cargar las cajas de pollo (agachado, trabajo ligero con dos brazos)                               | 1,45                  | 4                      |
| Trasladar las cajas (trabajo ligero con dos brazos, $CD = 9,53 \text{ w/m}^2$ )                   | 4                     | 4                      |
| Poner las cajas sobre la pesa (parado, trabajo ligero con dos brazos)                             | 1                     | 4                      |
| Pesar las cajas (parado, trabajo manual ligero)                                                   | 0,83                  | 4                      |
| Depositar los pollos en el caldero (trabajo ligero con un brazo)                                  | 0,8                   | 4                      |
| Coger los pollos del caldero (agachado, trabajo ligero con un brazo)                              | 0,06                  | 64                     |
| Coger cuchillo y guantes (parado, trabajo manual ligero)                                          | 0,083                 | 16                     |
| Picar pollo (parado, trabajo ligero con dos brazos)                                               | 0,75                  | 320                    |
| Tirar sobras para el lado (parado, trabajo ligero con un brazo)                                   | 0,03                  | 320                    |
| Buscar bolsas de nylon (parado, trabajo ligero con un brazo)                                      | 0,1                   | 32                     |
| Empaca los pollos (parado, trabajo ligero con dos brazos)                                         | 0,41                  | 32                     |
| Pesa los paquetes (parado, trabajo manual ligero)                                                 | 0,08                  | 32                     |
| Busca el nylon retractilado (parado, trabajo ligero con un brazo)                                 | 0,08                  | 32                     |
| Acomoda el nylon retractilado (parado, trabajo ligero con dos brazos)                             | 0,083                 | 32                     |
| Etiqueta los paquetes (parado, trabajo ligero con dos brazos)                                     | 0,4                   | 32                     |
| Traslada los paquetes hacia una bandeja (parado, trabajo ligero con dos brazos)                   | 0,11                  | 32                     |
| Coloca los paquetes en las cajas (parado, trabajo ligero con dos brazos)                          | 0,33                  | 16                     |
| Coloca las cajas en la carretilla (parado, trabajo moderado con dos brazos)                       | 0,26                  | 4                      |
| Traslada las cajas hacia el almacén (trabajo moderado con dos brazos, $CD = 11,9 \text{ w/m}^2$ ) | 3,45                  | 4                      |
| Baja las cajas en el almacén (agachado, trabajo ligero con dos brazos)                            | 1,15                  | 4                      |



Según el estudio de tiempos realizado en el proceso y la tecnología del mismo esta actividad tiene una duración de 353,13 minutos, la cual realiza sin tomar descansos.

Luego se decide realizarle al trabajador la prueba del veloergómetro cuyos resultados son:

**Tabla No.2: Resultados de la prueba en el veloergómetro**

| Potencia (W) | Tiempo de Trabajo (min.) | Ritmo cardiaco (pul/min.) | Tiempo de Descanso (min.) |
|--------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
|              |                          | Obrero                    |                           |
| 50           | 6                        | 87                        | 3                         |
| 75           | 6                        | 99                        | 5                         |
| 100          | 6                        | 110                       | 10                        |

Dicho obrero se queja que el recipiente le queda muy bajo cuando tiene que tomar los pollos para su deshuese, lo cual le ocasiona al operario varias molestias y dolores musculares, por lo que se decide realizar un estudio antropométrico para darle solución a esta inquietud. Los datos obtenidos se muestran en la tabla no. 3.

**Tabla No.3: Información antropométrica**

| DIMENSIONES                | Obrero |
|----------------------------|--------|
| ANTROPOMETRICAS            |        |
| Altura de los codos de pie | 110    |
| Altura de los muslos       | 390    |
| Altura poplítea            | 432    |
| Longitud sacro poplítea    | 534    |
| Longitud sacro rótula      | 412    |
| Ancho de hombros           | 299    |
| Ancho de caderas           | 403    |
| Altura subescapular        | 124    |
| Altura iliocrestal         | 362    |
| Ancho de codo a codo       | 390    |

Los especialistas a cargo del estudio proponen el diseño de un banco sobre el cual se coloque el recipiente con los pollos, para de esta forma evitar que el obrero adopte posturas inadecuadas cada vez que debe coger una pieza de dicho recipiente.

Usted como Ingeniero Industrial analice las deficiencias en el proceso, recomiende las medidas que habría que tomar para resolver los problemas detectados. Cualquier información que usted considere necesaria y no esté, asúmla y justifíquela.

#### **Datos Adicionales**

- Datos del trabajador:

**Tabla No.4: Datos del obrero**

| Puesto | Edad | Peso (Kg) | Sexo | Estatura (cm) |
|--------|------|-----------|------|---------------|
|--------|------|-----------|------|---------------|

|          |    |    |   |     |
|----------|----|----|---|-----|
| Deshuese | 25 | 79 | M | 180 |
|----------|----|----|---|-----|

- El metabolismo de la persona típica es de 44 w/m<sup>2</sup> para los hombres y 41 w/m<sup>2</sup> para las mujeres.
- El trabajo se efectúa de pie, sin posibilidad de alternar
- Altura del recipiente: 85 cm

### **Caso de estudio 2:**

La Empresa Termoeléctrica Cienfuegos está ubicada en la Zona Industrial, se encuentra conformada por la Dirección General, tres direcciones funcionales y cinco Unidades Empresariales de Base (UEB). En ella se tienen definidos cuatro procesos, los cuales son: Dirigir organización (estratégico), Gestionar recursos (apoyo), Generar Energía (principal) y Medir, Analizar y mejorar procesos (auxiliar).

El proceso Generar Energía es considerado como el más importante, ya que los subprocesos que lo integran son los encargados de gestionar los recursos necesarios para llevar a cabo con éxito la tarea principal de la entidad (generar energía eléctrica). Dentro de estos se encuentran Tratar Químicamente el Agua, Operar Planta, Medir y Monitorear Producto y Procesos de Generación.

El proceso de Tratar Químicamente el Agua (encargado de velar por la calidad del agua que se necesita para generar la energía eléctrica), se encuentra compuesto por quince operaciones, este se desarrolla en la Planta de Tratamiento Químico del Agua (PTQA) y el Laboratorio Central.

Desde hace algún tiempo se vienen realizando estudios relacionados con la organización del trabajo (OT). Luego de aplicar un grupo de técnicas y herramientas propias de la Ingeniería del Factor Humano en el proceso analizado se obtiene que:

- Las condiciones de trabajo desde el punto de vista ergonómico no favorecen la actividad de los trabajadores de manera que estimule su capacidad laboral.
- No se han realizado estudios sobre el gasto energético en los puestos de trabajo.
- Se desconoce la capacidad de trabajo física de los trabajadores.
- No se han realizados estudios antropométricos
- El transporte manual de carga en algunas actividades, no se ejecuta de forma que el esfuerzo físico efectuado por el trabajador sea compatible con su capacidad física de trabajo. Ejemplo de ello es el transporte de muestras, siendo este realizado por mujeres.

Parte de las actividades de los obreros que laboran en este proceso consiste básicamente en tomar muestras en distintos puntos en las unidades de generación y su traslado al

laboratorio químico. Estos recorridos deben repetirse cada dos horas, siendo amplio el recorrido a ejecutar.

Se decide comenzar por el análisis del trabajo físico, para conocer si el obrero se encuentra apto desde el punto vista físico. Por tanto, se realiza un estudio del método de trabajo actual, cuyo resultado se muestra a continuación.

| <b>No.</b> | <b>Actividades</b>                                                                                                                              | <b>Duración (minutos)</b> |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| 1          | Traslado hacia la toma de muestra del agua de enfriamiento de la unidad 4<br>Ligero con dos brazos, ligero, velocidad igual a 1,07 m/s          | 1.22                      |
| 2          | Tomar muestra de agua de enfriamiento de la unidad 4<br>Parado, Trabajo con un brazo, ligero                                                    | 0.25                      |
| 3          | Traslado hacia la toma de muestra de hidracina de la unidad 4<br>Ligero con dos brazos, ligero, velocidad igual a 0,525 m/s                     | 0.33                      |
| 4          | Toma de muestra de la hidracina de la unidad 4<br>Agachado, Trabajo con el tronco, ligero                                                       | 0.08                      |
| 5          | Traslado hacia la toma de muestra de la pamplina de la unidad 4 (subir escaleras) Trabajo con dos brazos, ligero, velocidad igual a 0,5 m/s     | 0.66                      |
| 6          | Toma de muestra del sampling de la unidad 4<br>Parado, Trabajo con dos brazos, ligero                                                           | 1                         |
| 7          | Traslado hacia la toma de muestra del sampling de la unidad 3<br>Trabajo con dos brazos, moderado, velocidad igual a 0,69 m/s                   | 1.03                      |
| 8          | Toma de muestra del sampling de la unidad 3<br>Parado, Trabajo con dos brazos, ligero                                                           | 1                         |
| 9          | Traslado hacia la toma de muestra de enfriamiento de la unidad 3 (bajar escaleras) Trabajo con dos brazos, moderado, velocidad igual a 0,53 m/s | 0.88                      |
| 10         | Toma de muestra del agua de enfriamiento de la unidad 3<br>Parado, Trabajo con un brazo, ligero                                                 | 0.25                      |
| 11         | Traslado hacia la toma de muestra de la hidracina de la unidad 3<br>Trabajo con dos brazos, moderado, velocidad igual a 0,56 m/s                | 0.33                      |
| 12         | Toma de muestra de la hidracina de la unidad 3<br>Agachado, Trabajo con el tronco, ligero                                                       | 0.08                      |
| 13         | Traslado hacia la toma de muestra del tanque 150m <sup>3</sup> de la unidad 4<br>Trabajo con dos brazos, moderado, velocidad igual a 0,78 m/s   | 0.83                      |
| 14         | Toma de muestra del tanque 150m <sup>3</sup> de la unidad 4<br>Parado, Trabajo con un brazo, ligero                                             | 0.33                      |
| 15         | Traslado hacia la toma de muestra del tanque 150m <sup>3</sup> de la unidad 3<br>Trabajo con dos brazos, moderado, velocidad igual a 0,77       | 0.95                      |

|    |                                                                                                     |      |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
|    | m/s                                                                                                 |      |
| 16 | Toma de muestra del tanque 150m <sup>3</sup> de la unidad 3<br>Parado, Trabajo con un brazo, ligero | 0.33 |
| 17 | Traslado hacia el laboratorio<br>Trabajo con dos brazos, moderado, velocidad igual a 0,83 m/s       | 2.10 |

**Tabla No.1: Datos sobre el estudio del método de trabajo para el operador analista químico del Laboratorio Express.**

Luego se decide realizarle a uno de las trabajadoras la prueba del veloergómetro cuyos resultados son:

**Tabla No.2: Resultados de la prueba en el veloergómetro**

| Potencia (W) | Tiempo de Trabajo (min.) | Ritmo cardiaco (pul/min.) | Tiempo de Descanso (min.) |
|--------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
|              |                          | Obrera                    |                           |
| 50           | 6                        | 88                        | 3                         |
| 75           | 6                        | 101                       | 5                         |
| 100          | 6                        | 112                       | 10                        |

Con respecto a la actividad relacionada con el transporte de muestras realizado por mujeres, se realiza un análisis de la información antropométrica de las trabajadoras que laboran en misma, detallándose a continuación.

- **Actividad de trasladar las muestras de agua tomadas de las unidades generadoras hacia el Laboratorio Express de la planta de PTQA.**

Durante el recorrido para tomar las muestras de agua por parte de las operadoras, estas llevan consigo dos cestas para colocar pomos, los cuales, estando llenos, el peso es de aproximadamente 10 kg.

En la siguiente tabla se observan las características antropométricas de la población (8 trabajadoras).

**Tabla 2. Características antropométricas de las trabajadoras del Laboratorio Express.**

| Variables                | X (mm) | S (mm) |
|--------------------------|--------|--------|
| Alcance mínimo del brazo | 434,5  | 19,54  |
| Alcance máximo del brazo | 777,25 | 5,91   |
| Longitud del muslo       | 396    | 3,27   |
| Altura del muslo         | 184,75 | 20,61  |
| Altura poplítea          | 463,5  | 31,78  |
| Altura del codo sentado  | 221,25 | 15,31  |
| Diámetro biacromial      | 325    | 4,76   |
| Altura subescapular      | 469    | 4,55   |
| Altura Iliocrestal       | 231    | 1,83   |

|                                                         |        |       |
|---------------------------------------------------------|--------|-------|
| Distancia de la mano extendida hacia abajo hasta el pie | 661,3  | 4,88  |
| Longitud sacro rótula                                   | 509,75 | 21,88 |
| Longitud sacro poplítea                                 | 478,75 | 0,96  |
| Ancho de caderas                                        | 413,25 | 8,85  |

Usted como Ingeniero Industrial analice las deficiencias en el proceso, recomiende las medidas que habría que tomar para resolver los problemas detectados. Cualquier información que usted considere necesaria y no esté, asúmla y justifíquela.

### **Datos adicionales**

- Para el recorrido se propone el diseño de una carretilla donde se puedan ubicar los pomos.
- Para el diseño de la misma se cuenta con tubos de aluminio de 16mm de diámetro, ruedas de 70mm de radio y una plancha de 40 x 20 cm con un espesor de 1mm.
- El metabolismo de la persona típica es de 44 w/m<sup>2</sup> para los hombres y 41 w/m<sup>2</sup> para las mujeres.
- Durante los recorridos las obreras no toman descanso.
- Datos de la obrera a la cual se le aplicó la prueba del veloergómetro:

| <b>Puesto</b>    | <b>Edad</b> | <b>Peso (Kg)</b> | <b>Talla (cm)</b> | <b>Sexo</b> |
|------------------|-------------|------------------|-------------------|-------------|
| Analista químico | 44          | 65               | 169               | F           |

**Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez"**

**Facultad de Ingeniería**

**Departamento Ingeniería Industrial**

**Asignatura: Organización de procesos y puestos.**

**Tema III:** Estudio de métodos a nivel de puestos.

**Laboratorio No.1**

**Título:** Capacidad de Trabajo Físico.

**Sumario:**

- Estimación de la capacidad de trabajo físico de un sujeto utilizando la prueba del escalón.

**Bibliografía:**

- Alonso, A. y otros, Ergonomía, Editorial Félix Varela, La Habana, 2006.
- Fundación MAPFRE, Manual de Ergonomía, Editorial MAPFRE S.A., Madrid, 1995.

**Objetivos:**

- Determinar la respuesta del sistema cardiovascular de un sujeto sometido a diferentes cargas de trabajo.
- Estimar la capacidad de trabajo físico del sujeto.

**Desarrollo:**

La determinación del consumo de oxígeno durante la realización de una actividad laboral es sumamente compleja y más aún la determinación directa de la potencia máxima aeróbica que requiere de personal altamente calificado y supervisión médica. Por estas razones se han desarrollado métodos basados en pruebas submáximas a través de las cuales se realiza una estimación aproximada del consumo máximo de oxígeno a partir del ritmo cardíaco y la carga de trabajo impuesta. Entre estos métodos se encuentran la prueba del escalón y la prueba de regresión lineal. En Cuba se ha aplicado en mayor cuantía la prueba del escalón en estudios de terreno debido a la simplicidad del equipamiento (banco de madera) además de contar con un nomograma que representa valores de la población cubana.

La estimación de la capacidad física de trabajo de un individuo permite establecer límites de la intensidad del trabajo que no deben exceder para evitar fatiga.

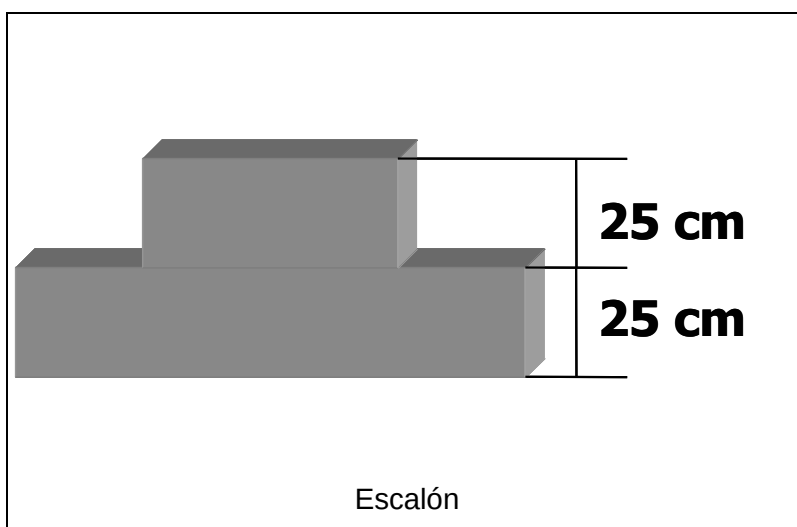
Diversos autores recomiendan que el consumo máximo de oxígeno durante el trabajo con una duración de ocho horas no debe exceder de 30- 40 % del  $\text{VO}_2$  máximo. En Cuba se ha fijado el valor del 30%.

Para evaluar la aptitud de un individuo para realizar trabajos físicos también resultan útiles evaluar la fortaleza muscular y la capacidad vital en el caso de contar con los equipos e instrumentos necesarios.

### **EQUIPOS E INSTRUMENTOS PARA REALIZAR LA PRUEBA DEL ESCALÓN**

- Cronómetro o reloj
- Banco o escalón

El escalón puede construirse de madera con 25 cm. de altura (ver figura), en caso de disponer con poca madera se puede construir con un solo escalón ya que para esta prueba solamente se utiliza el primero. Si no es posible construirlo, la prueba se puede realizar en el primer escalón de una escalera que cumpla el requisito de la altura.



### **MÉTODO**

- Se recopilará toda la información necesaria del sujeto para el experimento.
- El sujeto que se someterá al experimento, así como los estudiantes que realizarán las mediciones, deben entrenarse previamente en las funciones a realizar.
- Se debe garantizar las cargas y el régimen de trabajo y descanso que aparecen en la tabla siguiente:

| <b>Carga (veces por minuto)</b> | <b>Tiempo de trabajo (minutos)</b> | <b>Tiempo de descanso (minutos)</b> |
|---------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| 17                              | 5                                  | 1                                   |
| 26                              | 5                                  | 1                                   |
| 34                              | 5                                  | 1                                   |

- En la carga donde se alcance una frecuencia cardiaca igual o mayor que la frecuencia cardiaca de referencia, se detiene la prueba y se pasa a calcular el  $\text{VO}_2$  máximo.
- En caso necesario se corrige en dependencia a la edad del sujeto estudiado.
- Puede realizarse la prueba con dos o tres estudiantes.

La secuencia de subida y bajada en el escalón es la siguiente:

- Paso1: Posición bípeda



- Paso 2: Subir pie derecho hasta primer escalón



- Paso 3: Poner ambos pies sobre el primer escalón





- Paso 4: Bajar pie derecho



- Paso 5: Poner ambos pies sobre el piso



#### **Presentación de los resultados de la Práctica de Laboratorio:**

La confección del informe de la práctica tiene carácter colectivo (equipos de cinco o seis personas). Los informes se entregarán impresos o escritos a mano. La portada debe decir lo siguiente:

- Título de la práctica
- Nombre de los autores del informe
- Fecha.

La estructura general del informe es la siguiente:

- Portada
- Resumen
- Introducción
- Materiales y métodos.
- Resultados
- Conclusiones
- Bibliografía
- Anexos

El contenido de las partes del informe que se señalan anteriormente se explica a continuación:

### **Resumen**

En una página, como máximo, se redactará un resumen de la práctica, que debe reflejar todo su contenido en forma muy breve. No se incluirán en el resumen citas bibliográficas, dibujos, ni expresiones matemáticas.

### **Introducción**

Entre dos y tres páginas se explicarán los antecedentes, objetivos y fundamentos teóricos de la práctica. Se citarán adecuadamente las referencias bibliográficas.

### **Materiales y métodos**

Se explicarán los métodos experimentales utilizados para la obtención de los resultados, dando los nombres de los equipos e instrumentos (en el caso que se utilicen), también se citarán las técnicas utilizadas para el procesamiento de la información obtenida durante el experimento.

### **Resultados**

Los resultados experimentales se resumirán en tablas y gráficos, y se analizarán. No se incluirán los cálculos; éstos deben aparecer en anexos, conjuntamente con las hojas de impresión de la computadora en caso de que se utilice la misma como una herramienta para el procesamiento de la información.

### **Conclusiones**

Las conclusiones que se deriven de la discusión de los resultados experimentales se redactarán en forma concisa, especialmente las relativas a las hipótesis u objetivos planteados.

### **Bibliografía**

Se presentarán los títulos de los libros consultados en orden alfabéticos por autores. Cuando se tengan referencias bibliográficas se deben citar dentro del texto.

En ambos casos (bibliografía o referencias bibliográficas) deben aparecer los siguientes datos en esta secuencia: primer apellido; coma; iniciales del nombre; si hay otros autores y siempre que no sean más de tres en total, en cuyo caso se pone “y otros”, se coloca primero la inicial del nombre y después el primer apellido; punto; título del libro; si es un artículo de revista entre comillas y el título de la revista en que aparece, precedido de la palabra en; tomo (en el caso de los libros); número; volumen y año en el caso de las revistas; casa editorial; país o ciudad en que se edita el libro o revista; año y páginas consultadas. Cada dato se separará por comas.

## Anexos

En los anexos se incluirán los datos técnicos y especificaciones de los equipos e instrumentos de laboratorio empleados en el experimento, los cálculos realizados y las hojas de impresión de la computadora si se realiza el procesamiento automático de la información recopilada en el experimento.

Para una mejor comprensión se plantea un ejemplo práctico a continuación:

Se selecciona un individuo de 20 años de edad y que pesa 80 Kg.

Primeramente, se calcula la frecuencia cardiaca máxima:

$$(\text{FC máx.}) = 220 - \text{edad}$$

$$(\text{FC máx.}) = 220 - 20 = 200$$

Con la **(FC máx.)** se calcula la frecuencia cardiaca de referencia:

$$(\text{FC ref.}) = 65\% \text{ FC máx.}$$

$$(\text{FC ref.}) = 65\% \text{ de } 200$$

$$(\text{FC ref.}) = 130 \text{ pulsaciones o latidos por minuto}$$

Cuando el individuo alcance o sobrepase las 130 pulsaciones por minuto se suspende la prueba y con este dato y su peso corporal se determina el valor del consumo de oxígeno máximo (**VO<sub>2</sub>máx.**)

Supongamos que en la primera carga alcanzó 132 pul/min, lo que sobrepasa la FCref. de 130 pul/min, por lo que se suspende la prueba y se determina el **VO<sub>2</sub>máx** de la forma siguiente:

- Con el dato de su peso corporal y la frecuencia cardiaca se entra en la tabla para una carga de 17 veces/min y se obtiene el valor de 2 19

### **PRIMERA CARGA (17 VECES/MINUTO)**

| Sexo      | FRECUENCIA CARDIACA SUBMAXIMA (lat/min) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                              |
|-----------|-----------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------------------------|
| Hombre    | 92                                      | 96  | 100 | 104 | 108 | 112 | 116 | 120 | 124 | 128 | 132 | 136 | 140 | 144 | 148 |                              |
| Mujer     | 100                                     | 104 | 108 | 112 | 116 | 120 | 124 | 128 | 132 | 136 | 140 | 144 | 148 | 152 | 156 |                              |
| Peso (kg) | CONSUMO MAXIMO DE OXIGENO (l/min)       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | VO <sub>2</sub> submax l/min |
|           | VO <sub>2</sub> max                     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                              |

|       |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |     |
|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|-----|
| 80-84 | 57 | 48 | 42 | 38 | 34 | 32 | 29 | 27 | 25 | 23 | 21 | 20 | 19 | 188 | 17 | 106 |
|       | 7  | 3  | 1  | 5  | 1  | 0  | 6  | 5  | 2  | 5  | 9  | 8  | 8  |     | 8  |     |



- Este valor se divide por cien (100)
- Se busca el factor de corrección con respecto a la edad. En este caso el factor de corrección es 1

| FACTOR DE CORRECCION |                     |
|----------------------|---------------------|
| Edad                 | VO <sub>2</sub> máx |
| 17-30                | 1,00                |

- Se obtiene que el **Vo<sub>2</sub>máx = 2,19 IO<sub>2</sub>/min.** (litros de oxígeno por minuto).
- Si las 130 pulsaciones por minuto las hubiera alcanzado en la segunda o en la tercera prueba el resultado sería:
- **Vo<sub>2</sub>máx = 3,39 IO<sub>2</sub> /min.** para 26 veces/minuto

#### SEGUNDA CARGA (26 VECES/MINUTO)

| Sexo      | FRECUENCIA CARDIACA SUBMAXIMA (lat/min) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                              |
|-----------|-----------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------------------------------|
| Hombre    | 112                                     | 116 | 120 | 124 | 128 | 132 | 136 | 140 | 144 | 148 | 152 | 156 | 160 | 164 | 168 |                              |
| Mujer     | 120                                     | 124 | 128 | 132 | 136 | 140 | 144 | 148 | 152 | 156 | 160 | 164 | 168 | 172 | 176 |                              |
| Peso (kg) | CONSUMO MAXIMO DE OXIGENO (l/min)       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | VO <sub>2</sub> submáx l/min |
| 80-84     | 504                                     | 466 | 433 | 389 | 361 | 339 | 324 | 310 | 297 | 281 | 268 | 256 | 247 | 237 | 227 | 166                          |



- **Vo<sub>2</sub>máx = 4,56 IO<sub>2</sub>/min.** para 34 veces/minuto

#### TERCERA CARGA (34 VECES/MINUTO)

| Sexo         | FRECUENCIA CARDIACA SUBMAXIMA (lat/min) |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                        |
|--------------|-----------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----------------------------------------|
| Hombr<br>e   | 120                                     | 124 | 128 | 132 | 136 | 140 | 144 | 148 | 152 | 156 | 160 | 164 | 168 | 172 | 176 |     |                                        |
| Mujer        | 128                                     | 132 | 136 | 140 | 144 | 148 | 152 | 156 | 160 | 164 | 166 | 172 | 176 | 180 | 184 |     |                                        |
| Peso<br>(kg) | CONSUMO MAXIMO DE OXIGENO (l/min)       |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     | VO <sub>2</sub><br>subm<br>ax<br>l/min |
|              | VO <sub>2</sub> max                     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |                                        |
| 80-84        | 55                                      | 51  | 48  | 45  | 43  | 41  | 39  | 37  | 35  | 33  | 32  | 31  | 30  | 28  | 278 | 218 |                                        |
|              | 2                                       | 5   | 7   | 6   | 1   | 2   | 0   | 2   | 3   | 9   | 7   | 5   | 1   | 9   |     |     |                                        |



**Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez"**

**Facultad de Ingeniería**

**Departamento Ingeniería Industrial**

**Taller No. 2: Modalidad a distancia.**

**Tema III:** Estudio de métodos a nivel de puestos.

**Objetivo:**

- 2. Consolidar los contenidos estudiados en el estudio de métodos a nivel de puestos mediante la resolución de casos de estudio.**

**Resuelve el siguiente caso de estudio:**

La Empresa Pesquera Industrial de Cienfuegos (EPICIEN) se dedica a la captura, procesamiento y comercialización de productos pesqueros de calidad y alto nivel nutricional; de manera eficiente y eficaz con la participación de sus directivos y trabajadores competentes.

En el proceso industrial de Productos Conformados se realiza la producción de diferentes surtidos (albóndigas, mortadela, hamburguesa, masa saborizada y croqueta criolla). El proceso de elaboración de este último producto cuenta con un total de 21 trabajadores, y su objetivo fundamental es la elaboración de la croqueta criolla con calidad, para la venta minorista a través de las pescaderías especializadas. Se encuentra compuesto por nueve operaciones (Recepción, Preparado y Cocción, Enfriamiento de la masa, Pesaje, Embutido de la masa, Empanizado, Corte, Embolsado, Sellado y Embalado), siendo la mayor parte manual.

Desde hace algún tiempo se vienen realizando estudios relacionados con la organización del trabajo (OT). Luego de aplicar un grupo de técnicas y herramientas propias de la Ingeniería del Factor Humano en el proceso analizado se tiene que:

- Las condiciones de trabajo desde el punto de vista ergonómico no favorecen la actividad de los trabajadores de manera que estimule su capacidad laboral.
- No se han realizado estudios sobre el gasto energético en los puestos de trabajo.
- Se desconoce la capacidad de trabajo física de los trabajadores.
- No se han realizado estudios antropométricos con el objetivo de verificar si los puestos de trabajo se encuentran bien diseñados, de acuerdo a las características antropométricas de los trabajadores que laboran en dichas actividades.

El ingeniero industrial encargado del estudio decide comenzar por el análisis del trabajo físico en la operación de Preparado y Cocción y Embolsado, para conocer si los obreros se encuentran aptos desde el punto de vista físico.

La actividad de Preparado y Cocción consiste en preparar los ingredientes necesarios (Insumos y picadillo de pescado) para la elaboración de la masa destinada a la producción de croquetas, la misma es sometida a un proceso de cocción en tachos de (300 kg), tiene un tiempo de cocción de 40 minutos para que alcance una adecuada gelatinización de la harina y la destrucción de la flora bacteriana presente. En este puesto existe un solo trabajador.

Mientras que en la actividad de embolsado las croquetas son depositadas en una mesa al alcance de todas las embolsadoras que realizan manualmente esta operación en bolsas de nylon litografiadas con una capacidad de ocho unidades. Se inspeccionan algunas bolsas y croquetas por la técnica de la calidad para corroborar el peso adecuado de los paquetes (280g) y de las croquetas peso:  $35 \pm 2g$ . En este puesto operan cinco trabajadores.

Luego se realiza un estudio del método de trabajo actual a ambas operaciones, cuyo resultado se muestra a continuación.

**Tabla No. 1:** Datos sobre el estudio del método en la operación de Preparado y Cocción:

| No. | Etapas del trabajo                                                                 | Duración | Número de Veces |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----------------|
| 1   | Llenar tacho (parado, trabajo con dos brazos, ligero)                              | 4        | 8               |
| 2   | Trasladar picadillos (trabajo con el tronco, ligero)<br>velocidad igual a 0.09 m/s | 0.18     | 21              |
| 3   | Echar picadillo (parado, trabajo con dos brazos, ligero)                           | 0.04     | 21              |
| 4   | Remover picadillo (parado, trabajo con dos brazos, ligero)                         | 5        | 7               |
| 5   | Trasladar insumos (trabajo con el tronco, ligero)<br>velocidad igual a 0.07 m/s    | 0.5      | 14              |
| 6   | Echar insumos (parado, trabajo con dos brazos, ligero)                             | 0.16     | 7               |
| 7   | Remover la masa (parado, trabajo con dos brazos, ligero)                           | 3        | 35              |
| 8   | Vaciar tacho (parado, trabajo con dos brazos, pesado)                              | 4        | 7               |

**Tabla No. 2:** Datos sobre el estudio del método en la operación de Embolsado.

| No. | Etapas del Trabajo                                                | Duración |
|-----|-------------------------------------------------------------------|----------|
| 1   | Coge bolsas (sentada, trabajo con dos brazos, ligero)             | 0.01     |
| 2   | Abre bolsas (sentada, trabajo con dos brazos, ligero)             | 0.03     |
| 3   | Echa croquetas (sentada, trabajo con dos brazos, ligero)          | 0.20     |
| 4   | Pone bolsa para el lado (sentada, trabajo con dos brazos, ligero) | 0.02     |

Es válido aclarar que a esta actividad (Embolsado) se le dedican 331, 5 minutos de la jornada laboral. Se decide realizarle al trabajador de la operación de preparado y cocción la prueba del veloergómetro cuyos resultados son:

**Tabla No. 3:** Resultados de la prueba del veloergómetro.

| Potencia (W) | Tiempo de Trabajo (min) | Ritmo cardiaco (puls/min) | Tiempo de Descanso (min) |
|--------------|-------------------------|---------------------------|--------------------------|
|              |                         | Obrera                    |                          |
| 50           | 6                       | 89                        | 3                        |
| 75           | 6                       | 104                       | 5                        |
| 100          | 6                       | 116                       | 10                       |

Mientras a los trabajadores del Embolsado se les realiza la prueba el banco, cuyos resultados se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla No. 4:** Resultados de la prueba del Banco en la actividad de Embolsado.

| Obrera | Sexo | Frecuencia cardiaca para cada salto |     |     | Peso (kg) | Edad (años) | Talla (cm) | Superficie Corporal (m <sup>2</sup> ) |
|--------|------|-------------------------------------|-----|-----|-----------|-------------|------------|---------------------------------------|
|        |      | 1                                   | 2   | 3   |           |             |            |                                       |
| 1      | F    | 108                                 | 119 | 127 | 65        | 32          | 158        | 1,66                                  |
| 2      | F    | 110                                 | 124 | -   | 68        | 35          | 160        | 1,71                                  |
| 3      | F    | 112                                 | 120 | -   | 60        | 38          | 154        | 1,57                                  |
| 4      | F    | 109                                 | 118 | 128 | 58        | 33          | 165        | 1,63                                  |
| 5      | F    | 115                                 | 128 | -   | 70        | 40          | 169        | 1,8                                   |

El ingeniero decide consultar estudios sobre las principales posturas, fuerza, actividad muscular. A partir de esto se realiza un análisis del tema en los puestos de trabajo analizado, con el objetivo de reducir al mínimo movimientos que por su naturaleza pueden ser lesivos, en caso de ser continuamente repetidos.

Para el trabajador que realiza la actividad de Preparado y cocción se propone en el caso de la postura vaciar tacho, el diseño de un banco sobre el que se coloque el trabajador, debido a que este tiene que adoptar posturas inadecuadas cada vez que realiza la operación de vaciarlo, debido a que el mismo no se encuentran a una altura adecuada.

Por último, para el puesto de Embolsado el estudio antropométrico se fundamenta en el diseño de sillas para realizar esta actividad con mayor comodidad, por lo general las existentes no se ajustan al diseño del puesto ni las características antropométricas de las obreras.

**Tabla No. 5: Medidas tomadas a las trabajadoras del puesto de Embolsado.**

| Características antropométricas (cm) | $\bar{X}$ | S          |
|--------------------------------------|-----------|------------|
| Altura poplítea                      | 47        | 5,65685425 |
| Ancho de caderas                     | 41,5      | 2,12132034 |
| Altura subescapular                  | 47        | 1,41421356 |
| Diámetro Biacromial                  | 32        | 2,82842712 |
| Longitud sacro poplítea              | 47        | 2,82842712 |
| Altura de los codos sentado          | 22        | 1,41421356 |



Usted como Ingeniero Industrial analice las deficiencias en el proceso, recomiende las medidas que habría que tomar para resolver los problemas detectados. Cualquier información que usted considere necesaria y no esté, asúmlala y justifíquela.

**Datos Adicionales**

- El metabolismo de la persona típica es de 44 w/m<sup>2</sup> para los hombres y 41 w/m<sup>2</sup> para las mujeres.
- Altura del tachó: 117 cm.
- Altura del piso a la cintura del trabajador de la actividad de preparado y cocción: 94 cm.
- La altura de la mesa para el embolsado es de 95 cm.
- Datos del obrero al cual se le aplicó la prueba del veloergómetro.

| Puesto              | Edad | Peso (Kg) | Sexo | Talla (cm) |
|---------------------|------|-----------|------|------------|
| Preparado y cocción | 54   | 68        | M    | 168        |

**Importante:** entregarse por equipo.

- **Se debe entregar por escrito o digital antes de culminar la próxima semana.**
- **Se aceptan los trabajos hasta las 11: 00 pm**

### **Conclusiones parciales del capítulo III.**

1. El diseño metodológico de la asignatura “Organización de procesos y puestos de trabajo” logra los requerimientos exigidos en el plan de estudio E.
2. Con el diseño curricular de esta nueva asignatura se logra incorporar la mayor participación de los estudiantes, con la aplicación de nuevas modalidades de estudio como la semipresencial y el Aula Invertida.
3. La preparación metodológica de la asignatura “Organización de procesos y puestos de trabajo” garantiza el cumplimiento del diseño realizado para el plan calendario, cumpliendo cronológicamente con su sistema de conferencias, clases prácticas, seminarios y talleres.

### Conclusiones generales:

1. El contexto en el cual se ha desarrollado el Plan de estudio "E" durante estos años han sido muy complejo, dado por el impacto negativo de la crisis económica mundial y los efectos de la covid-19 sobre nuestro país y la educación superior. Esto ha provocado asumir la modalidad semipresencial, incluso en los tipos de curso unido donde se desarrolla la modalidad presencial. Ello ha condicionado la necesidad de cambiar los métodos de enseñanza, haciendo uso de las tecnologías de la información basada en plataformas interactivas.
2. La formación profesional de un perfil más amplio se estructura en la educación superior como una cualidad básica de la universidad científica, tecnológica y humanista, por lo que el modelo pedagógico "Aula invertida", se perfila como uno de los más adecuados para acompañar el proceso de aprendizaje en las condiciones actuales por las que atraviesa la enseñanza superior, la que se encuentra en proceso de actualización.
3. El planteamiento del papel de la universidad actual y su integración a la sociedad a través de la solución de problemas, imponen determinados requerimientos para el plan de estudios "E" que se traducen en la planificación y conducción del proceso docente educativo con un menor grado de presencialidad y una mayor participación del estudiante desde el trabajo independiente, tanto en el contexto académico como el laboral investigativo.
4. El diseño y preparación metodológica de la asignatura **"Organización de procesos y puestos de trabajo"** cumple con la establecido en el Plan de estudio "E" de la carrera Ingeniería Industrial.
5. Como resultados de este trabajo de tesis de grado, se proyecta el diseño curricular de la asignatura, compuesto por el programa, el plan calendario y el montaje en la plataforma Moodle del contenido y todos los recursos previstos para que se desarrolle con éxito el proceso de enseñanza aprendizaje en las nuevas condiciones.

**Recomendaciones:**

1. La utilización en todas las disciplinas de la carrera, de los resultados del trabajo científico estudiantil, para confeccionar casos prácticos integradores, cuyo uso por parte del estudiante la permita desarrollar trabajo independiente y facilite la evaluación del aprendizaje.
2. Diseñar las estrategias curriculares que demanda el MES, en especial las referidas a la formación económica, uso de las TICs y medioambiental.
3. Confeccionar varios test por temas de las asignaturas, que le permita al estudiante autoevaluarse, e incluirlos como recurso en la plataforma.
4. En el diseño de los métodos en las actividades prácticas de las asignaturas, diversificar las formas de orientación, control y evaluación del trabajo independiente.

## **Bibliografía:**

- Abad Núñez, Celia. (s. f.). *LOS PROCESOS COGNITIVOS SUPERIORES*. 3.
- Alba Castellanos, O. (2017). *Metodología para la activación del proceso de enseñanza-aprendizaje de las asignaturas técnicas en la Enseñanza Técnica y Profesional*. Universidad Pedagógica “Frank País García”, de Santiago de Cuba. CUBA.
- Alfonso, A. M. T. (2020). *Transformando la formación pedagógica de los estudiantes universitarios mediante la utilización del modelo de aula invertida* (N.º 3). 13(3), Art. 3.
- Alicia Bárcenas, Antonio Prado, Ricardo Pérez, & Mario Cimoli. (2015). *Educación, cambio estructural y crecimiento inclusivo en América Latina*. Naciones Unidas.
- Alonso Becerra, A., Ciscal Terry, W., Dopico Garofalo, E., Jauregui Ricardo, D., & Labrada Sosa, A. (2006). *Ergonomía* (2da ed.).
- Alvarez de Zayas, C. M. (2003). Capítulo 1 Problemas presentes en el proceso docente-educativo. En *La escuela de la Vida*.
- Area Moreira, M. (2010). *LOS MEDIOS DE ENSEÑANZA: CONCEPTUALIZACIÓN Y TIPOLOGÍA*. 14.
- Arráez Vera, G., Lorenzo Lledó, A., Gómez Puerta, M., & Lorenzo Lledó, G. (2018). La clase invertida en la educación superior: Percepciones del alumnado. *International Journal of Developmental and Educational Psychology*. Revista INFAD de Psicología., 2(1), Art. 1. <https://doi.org/10.17060/ijodaep.2018.n1.v2.1197>
- Astudillo, M. V. (2016). *Modelos blended learning en educación superior*. *Innovación en la enseñanza*. 20.
- Aveleyra, E., Proyetti Martino, M., Bonelli, F., Mazzoni, D., Musso, G., Perri, J., & Veiga, R. (2021). La clase invertida en escenarios de aprendizajes semi-presenciales. En *ResearchGate* (1ra ed., p. 9). Editorial universitaria de Buenos Aires.

[https://www.researchgate.net/publication/356148730\\_La\\_clase\\_invertida\\_en\\_escenarios\\_de\\_aprendizajes\\_semi-presenciales?enrichId=rgreq-176f1eead4c3e17f334fbbf3e9fc1b18-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzM1NjE0ODczMDtBUzoxMTEwNDE1ODM2NzQ1NzI4QDE2NDE3NTUxNzQ5NzU%3D&el=1\\_x\\_2&esc=publicationCoverPdf](https://www.researchgate.net/publication/356148730_La_clase_invertida_en_escenarios_de_aprendizajes_semi-presenciales?enrichId=rgreq-176f1eead4c3e17f334fbbf3e9fc1b18-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzM1NjE0ODczMDtBUzoxMTEwNDE1ODM2NzQ1NzI4QDE2NDE3NTUxNzQ5NzU%3D&el=1_x_2&esc=publicationCoverPdf)

Banyard, P., & Hartland, A. (2019). *INTRODUCCIÓN A LOS PROCESOS COGNITIVOS*. 29.

Baque-Reyes, G. R., & Portilla-Faican, G. I. (2021). *El aprendizaje significativo como estrategia didáctica para la enseñanza – aprendizaje Meaningful learning as a didactic strategy for teaching – learning* (N.º 5). 6(5), Art. 5.

Bárcena, A. (2018). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible: Una oportunidad para América Latina y el Caribe*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL).

Barco, A. N. (2004). Cerebelo y procesos cognitivos. *anales de psicología*, 20, 18.

Barquero, C. A. C. (s. f.). *El Aprendizaje Invertido*: 6.

Caimbo Nhongola, G. (2012). La gestión del proceso docente educativo en la Universidad Lueje Ankonde de la República Popular de Angola. *Revista Científica Pedagógica*, No 40, 5.

Castellanos, D. J. M., Santos, D. A. C., Álvarez, C. G., & Méndez, C. P. (s. f.).

*ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO INGENIERÍA DE MÉTODOS*. 195.

Cedeño-Escobar, M. R., & Viguera-Moreno, J. A. (2020). *Inverted classroom a motivating teaching strategy for basic general education students*. 6, 20.

Curbelo Hernández, M. A., & Núñez Chaviano, Q. (2020). *Compendio de herramientas*. 91.

David Ausubel. (s. f.). *Teoría del aprendizaje significativo de David Ausubel* (p. 11).

DAVID AUSUBEL. (2019). *TEORÍA DEL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO* TEORIA DEL APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO. *Academia. Accelerating the world's research*.

Derechos reservados. (2003). *MEDICION DE PRODUCTIVIDAD VALOR AGREGADO.pdf*.

Centro Nacional de Productividad. <http://www.cnp.org.co/rccp/proyectos/homologacion>

Díaz Domínguez, T. (1998). *MODELO PARA EL TRABAJO METODOLÓGICO DEL PROCESO DOCENTE EDUCATIVO EN LOS NIVELES DE CARRERA, DISCIPLINA Y AÑO ACADÉMICO EN LA EDUCACIÓN SUPERIOR*. [TESIS PRESENTADA EN OPCIÓN AL GRADO CIENTÍFICO DE DOCTOR EN CIENCIAS PEDAGÓGICAS]. Universidad de Pinar del Río.

*Educación superior* | UNESCO. (s. f.). Recuperado 28 de octubre de 2022, de

<https://www.unesco.org/es/education/higher-education>

*Educación superior*—Wikipedia, la enciclopedia libre. (s. f.). Recuperado 28 de octubre de 2022, de [https://es.wikipedia.org/wiki/Educaci%C3%B3n\\_superior](https://es.wikipedia.org/wiki/Educaci%C3%B3n_superior)

*El aprendizaje significativo (Elaboración de Materiales de Aprendizaje)*. (2022).

[https://cnbguatemala.org/wiki/El\\_aprendizaje\\_significativo](https://cnbguatemala.org/wiki/El_aprendizaje_significativo)

Escobar, F. (s. f.). IMPORTANCIA DE LA EDUCACIÓN INICIAL A PARTIR DE LA MEDIACION DE LOS PROCESOS COGNITIVOS PARA EL DESARROLLO HUMANO INTEGRAL. *Revista de Educación*, 27.

Fabiola Romero Trenas. (2009). APRENDIZAJE SIGNIFICATIVO Y CONSTRUCTIVISMO. *Revista Digital para profesionales de la enseñanza*, Núm. 3.

Fidalgo-Blanco, Á., Sein-Echaluce, M. L., & García-Peñalvo, F. J. (2018). *Del método de aula invertida al aprendizaje invertido*. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.2081943>

Flipped Learning Model to Achieve Learning Goals in the Research Methodology Course in Undergraduate Students. (2018). *Revista Electrónica Educare*, 22(3), Art. 3. <https://doi.org/10.15359/ree.22-3.9>

- Fredy Marcelo Rivera Calle & Andrés García Martínez. (2018). Aula invertida con tecnologías emergentes en ambientes virtuales en la Universidad Politécnica Salesiana del Ecuador. *Revista Cubana de Educación Superior*, 1, 16.
- Fuenmayor, G., & Villasmil, Y. (2008, agosto). La percepción, la atención y la memoria como procesos cognitivos utilizados para la comprensión textual. *Revista de Artes y Humanidades UNICA*, No 22, 17.
- Fuentes, J. L. H. (s. f.). *UN MODELO DEL PROCESO DOCENTE – EDUCATIVO EN LAS UNIDADES DOCENTES PARA EL DESARROLLO DE LA PRÁCTICA INVESTIGATIVO - LABORAL*. 173.
- Gangoso, Z. (s. f.). *El fracaso en los cursos de Física. El mapa conceptual*. 20.
- García Gómez, R. J. (2018, octubre). La clase invertida. *ResearchGate*, 18.
- Gebera, O. T. (s. f.). *Perspectiva de la convergencia pedagógica y tecnológica en la modalidad blended learning*. 14.
- Gloria Fariñas León. (2007). *PSICOLOGÍA, EDUCACIÓN Y SOCIEDAD. Un estudio sobre el desarrollo humano* (1ra Edición). Editorial Félix Varela.
- González, B. (2013). *Procesos cognitivos: De la prescripción curricular a la praxis educativa*. 20.
- González, M. A., & Cabrera, I. H. R. (s. f.). *Diseño y Preparación Metodológica de las asignaturas Gestión de Procesos I y Gestión de Procesos II, para el modelo pedagógico presencial del Plan de estudios D*. 287.
- González, M. E. (2015). *El b-learning como modalidad educativa para construir conocimiento*. 32.
- Graham, C. R. (2004). CHAPTER 1.1 BLENDED LEARNING SYSTEMS: C. J., 32.



Hernández Sampieri, R., & Hernández Collado, C. (2007). *La motivación, una propuesta para generar un aprendizaje significativo*. Editorial Mc Graw Hill.

[www.monografia.com/motivacion](http://www.monografia.com/motivacion)

Hernández-Silva, C., & Tecpan Flores, S. (2017). Aula invertida mediada por el uso de plataformas virtuales: Un estudio de caso en la formación de profesores de física. *Estudios pedagógicos (Valdivia)*, 43(3), Art. 3. <https://doi.org/10.4067/S0718-07052017000300011>

Herrera, L. A. P. (s. f.). *BLENDED LEARNING LA NUEVA FORMACIÓN EN EDUCACIÓN SUPERIOR*. 8.

Infante, R. C. H. (2017). *Aproximación al proceso de enseñanza-aprendizaje desarrollador* *Approximation to the process of teaching learning developer*. 11.

Infante, R. C. H., & Miranda, M. E. I. (2016). *EL MÉTODO DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE DE TRABAJO INDEPENDIENTE EN LA CLASE ENCUESTRO: RECOMENDACIONES DIDÁCTICAS*. 37(101), 18.

Jaramillo Naranjo, L. M., & Puga Peña, L. A. (2016). El pensamiento lógico-abstracto como sustento para potenciar los procesos cognitivos en la educación. *Sophía*, 2(21), Art. 21. <https://doi.org/10.17163/soph.n21.2016.01>

Josefa Lorences González & Aleida Rivero Villareal. (2017). *El perfeccionamiento del proceso docente educativo en la escuela rural. Una propuesta sistémica*.

Kanawaty, G. (1996). *Introducción al Estudio del Trabajo*. (Vol. 2). Organización Internacional del Trabajo.

LAURA LETICIA MENDOZA TAULER. (2001). *MODELO PARA LA DINÁMICA DE LA MOTIVACIÓN EN EL PROCESO DOCENTE EDUCATIVO*. UNIVERSIDAD DE ORIENTE.

- Ledo, M. V., Michelena, N. R., Cao, N. N., Suárez, R. M., & Vidal, M. N. V. (s. f.). *Aula invertida, nueva estrategia didáctica*. 11.
- Loncomil, Isabel. (2020). *¿Cómo implementar el modelo de aula invertida en tus clases virtuales?*
- Lupón, M., Torrents, A., & Quevedo, L. (s. f.). *Tema 4. Procesos cognitivos básicos*. 42.
- Macías, R. (2018). *Estudio del trabajo y la Productividad.pdf*. Universidad Central Marta Abreu de Las Villas. Ingeniería del Factor Humano. Departamento de Ingeniería Industrial.
- Manrique, M. S. (2020). Tipología de procesos cognitivos. Una herramienta para el análisis de situaciones de enseñanza. *Educación*, 29(57), Art. 57.  
<https://doi.org/10.18800/educacion.202002.008>
- Martín, G., & Universitaria, M. (s. f.). *LA AUTORREGULACIÓN ACADÉMICA COMO VARIABLE EXPLICATIVA DE LOS PROCESOS DE APRENDIZAJE UNIVERSITARIO*. 19.
- Martínez, M. L. (s. f.). *Los medios didácticos como facilitadores del aprendizaje*. 57.
- Meneses Benítez, G., & Jiménez, J. M. (2007). *NTIC, interacción y aprendizaje en la universidad tesis doctoral*. Universitat Rovira i Virgili.
- Merla González, A. E., & Yáñez Encizo, C. G. (2016). El aula invertida como estrategia para la mejora del rendimiento académico. *Revista Mexicana de Bachillerato a Distancia*, 8(16), Art. 16. <https://doi.org/10.22201/cuaed.20074751e.2016.16.57108>
- MIDEPLAN. (2009). *Guía para la Elaboración de Diagramas de Flujo*. MINISTERIO DE PLANIFICACION NACIONAL Y POLITICA ECONOMICA ÁREA DE MODERNIZACIÓN DEL ESTADO.
- Ministerio de Educación Superior (Ed.). (2016). *Documento Base para el diseño de los Planes de Estudio «E»*. (Proyecto—Versión II).

- Ministerio de Educación Superior. (2018). *Plan E Final. Carrera de Ingeniería Industrial*. MES.
- Montalvo, M. N. V. (s. f.). *CAPÍTULO 1 PROBLEMAS ACTUALES DE LA PEDAGOGÍA Y LA FORMACIÓN DEL PROFESIONAL UNIVERSITARIO. LA DIDÁCTICA EN EL CONTEXTO DE LAS CIENCIAS PEDAGÓGICAS*. 242.
- Moreira, F. S. M. (s. f.). Implementación de aulas invertidas en Educación Superior: Herramientas para la organización del aprendizaje. *Revista de Educación*, 9.
- Muñoz, J. L. R. (2004). *Y la evaluación de los aprendizajes*. 6.
- Niurka Rodríguez García & Lidia Mercedes Lara Díaz. (s. f.). *Métodos que articulan para activar el proceso enseñanza- aprendizaje en la disciplina Ingeniería del Factor Humano, carrera Ingeniería Industrial* (p. 10). Universidad de Cienfuegos.
- Ortega Cabrera, A. (2005). *La activación en el proceso de enseñanza aprendizaje. Su impacto en la formación del profesor de la enseñanza técnica profesional*.
- Ortiz, D. R. A. (s. f.). *X Congreso Internacional de Educación Superior Universidad 2016*. 16.
- Panza, M. (2022). ¿Qué es un programa de asignatura en educación? - Todo sobre el alumnado. <https://unate.org/educacion/que-es-un-programa-de-asignatura-en-educacion.html>
- Pina, A. B. (s. f.). *BLENDED LEARNING. CONCEPTOS BÁSICOS. BLENDED LEARNING. BASIC CONCEPTS*. 14.
- Planificación docente*. (2019, noviembre 6). Universidad de la Rioja. <https://www.unirioja.es/servicios/opp/plandoc/1314/cronograma.shtml>
- Robert Slavin. (s. f.). *Grupo de Estudio Sobre Aprendizaje Cooperativo: Teoría Investigación y Práctica*.

- Rodríguez Palmero, L. (2011). La teoría del aprendizaje significativo: Una revisión aplicable a la escuela actual. *Revista Electrónica d'Investigació i Innovació Educativa i Socioeducativa*, Vol.3(Núm. 1), 23.
- Salazar Ascencio, J. (2018). Evaluación de aprendizaje significativo y estilos de aprendizaje: Alcances, propuesta y desafíos en el aula. *Tendencias Pedagógicas*, 31(2018), Art. 2018. <https://doi.org/10.15366/tp2018.31.001>
- Sánchez Espinoza, M., & Moreno Benítez, M. F. (2013). Los Procesos Cognitivos En La Comprensión Y Abstracción De Los Aprendizajes. *Xihmai*, 3(6), Art. 6. <https://doi.org/10.37646/xihmai.v3i6.131>
- Seda Santana, I. (2002). Evaluación por portafolios: Un enfoque para la enseñanza. *Revista Latinoamericana de Estudios Educativos (México)*, XXXII (Núm. 1), 25.
- Seijo, I. R., & Heras, A. M. P. (s. f.). *EL PROCESO DE ENSEÑANZA - APRENDIZAJE EN LA FORMACIÓN DE LA FUERZA DE TRABAJO CALIFICADA DE NIVEL MEDIO: SUS COMPONENTES*. 2, 16.
- Shen, L., Leon, E., Callaghan, V., & Shen, R. (2007). *Exploratory Research on an Affective e-Learning Model*. 12.
- Sierra, R. V. (2010). El proceso de formación del profesional en la educación superior basado en competencias: El desafío de su calidad, en busca de una mayor integralidad de los egresados. *Civilizar*, 10(18), 117. <https://doi.org/10.22518/16578953.50>
- Syr-Salas Perea, R. (1999). " El Proceso Docente". En *Educación en Salud. Competencia y desempeño profesionales*. Editorial Ciencias Médicas.
- Toruncha, J. Z. (s. f.). *LAS ESTRATEGIAS DE APRENDIZAJE DESDE UNA DIDÁCTICA DESARROLLADORA LEARNING STRATEGIES FROM A CURRICULUM DEVELOPER*. 12.

- Ventosilla Sosa, D. N., Santa María Relaiza, H. R., Ostos De La Cruz, F., & Flores Tito, A. M. (2021). Aula invertida como herramienta para el logro de aprendizaje autónomo en estudiantes universitarios. *Propósitos y Representaciones*, 9(1), Art. 1. <https://doi.org/10.20511/pyr2021.v9n1.1043>
- Villa, L. V. F., & Londoño, L. A. M. (2020). *El uso del aula invertida como estrategia docente para la enseñanza de contenidos a través del inglés a niños en etapa inicial del colegio bilingüe Hispanoamericano Conde Ansúrez de Bogotá*. 101.
- Villa Sánchez, A., & Enríquez Castellano, R. L. (2020a). *Manual de casos prácticos*. 67.
- Villa Sánchez, A., & Enríquez Castellanos, R. L. (2020). *Diseño de un manual de casos para la activación de la enseñanza en la disciplina Ingeniería del Factor Humano*. Universidad de Cienfuegos.
- Waltraud Martínez-Olvera, Ismael Esquivel-Gámez, & Jaime Martínez Castillo. (2015). ACERCAMIENTO TEÓRICO-PRÁCTICO AL MODELO DEL APRENDIZAJE INVERTIDO. *ResearchGate*, 15. <https://doi.org/10.13140>
- Wilson Kung, J. (2000). *CAPITULO 6. Aprendizaje y procesos cognoscitivos complejos*.

**Anexo:**

**Anexo I:** Plan calendario de la asignatura “Organización de procesos y puestos” para CPE.

**Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez"**

**Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales**

**Departamento Ingeniería Industrial**

**Plan calendario de la asignatura Organización de procesos y puestos.**

|                                                        |                                            |                                  |                                     |     |      |
|--------------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|-----|------|
| <b>Disciplina:</b> Ingeniería del Factor Humano.       | <b>Carrera:</b> Ingeniería Industrial      | <b>Plan:</b> “E”                 | <b>Curso:</b> Curso por encuentros. |     |      |
| <b>Profesor:</b> Mario Curbelo Hernández               | <b>Aprobado por:</b> Henry Ricardo Cabrera |                                  | Día                                 | Mes | Año  |
| <b>Categoría:</b> Auxiliar                             | <b>Cargo:</b> Jefe de Departamento         |                                  | 8                                   | 04  | 2020 |
| <b>Firma:</b>                                          | <b>Firma:</b>                              |                                  | <b>Curso:</b>                       |     |      |
| <b>Asignatura:</b> Organización de procesos y puestos. | <b>Año:</b> Tercero                        | <b>Semestre:</b> 2 <sup>do</sup> | <b>Fondo de Tiempo:</b> 72 h        |     |      |

| <b>Actividad No.</b> | <b>Contenido.</b>                                                                                                                                                                                 | <b>E</b> | <b>Hr.</b> |
|----------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|------------|
| 1.                   | Tema 1: El estudio del trabajo y el aumento de la productividad del trabajo. Introducción a la asignatura. El método general como enfoque metodológico en la solución de problemas en Ingeniería. | 1        | 2          |
| 2.                   | Aclaración de dudas.<br>Evaluación.<br>Orientación de contenidos nuevos.<br>Tema 1. Continuación. Métodos de cálculo de la productividad. Reservas y factores de su incremento.                   | 2        | 4          |

|    |                                                                                                                                                                                                                                                                              |   |   |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|
| 3. | Aclaración de dudas.<br>Evaluación.<br>Orientación de contenidos nuevos.<br>Tema 2: Estudio de métodos a nivel de procesos. El procedimiento general para el estudio de métodos en los procesos. Clasificación de los procesos.                                              | 3 | 2 |
| 4. | Aclaración de dudas.<br>Evaluación.<br>Orientación de contenidos nuevos.<br>Tema II. Continuación. Estudio de métodos en procesos de producción. Registro y examen crítico del método actual.                                                                                | 4 | 2 |
| 5. | Aclaración de dudas.<br>Evaluación.<br>Orientación de contenidos nuevos.<br>Tema II. Continuación. El tipo, flujo y la estructura de producción como parte de los métodos de trabajo.                                                                                        | 5 | 2 |
| 6. | Aclaración de dudas.<br>Evaluación.<br>Orientación de contenidos nuevos.<br>Tema II. Continuación: Balance de procesos de producciones masivas.                                                                                                                              | 6 | 4 |
| 7. | Aclaración de dudas.<br>Evaluación.<br>Orientación de contenidos nuevos.<br>Tema II. Continuación: Balance de procesos de producciones masivas.                                                                                                                              | 7 | 4 |
| 8. | Aclaración de dudas.<br>Evaluación.<br>Orientación de contenidos nuevos.<br>Tema III: Estudio de métodos en puestos de trabajo. Puesto de trabajo. Clasificaciones. Elementos que lo componen. Sus relaciones. Elementos de la organización del trabajo aplicados al puesto. | 8 | 2 |
| 9. | Aclaración de dudas.<br>Evaluación.<br>Orientación de contenidos nuevos.<br>Tema III. Continuación. La división y cooperación del trabajo. El análisis y descripción de puestos.                                                                                             | 9 | 2 |

|     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |    |   |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|---|
| 10. | Aclaración de dudas.<br>Evaluación.<br>Orientación de contenidos nuevos.<br>Tema III. Continuación. Estudio de métodos en puestos manuales y mecánico manuales (puestos móviles).                                                                                                                          | 10 | 2 |
| 11. | Aclaración de dudas.<br>Evaluación.<br>Orientación de contenidos nuevos.<br>Tema III. Continuación. Estudio de métodos en puestos manuales y mecánico manuales (puestos fijos). Principios de economía de movimientos. Diagrama bimanual. Diseño antropométrico del puesto.                                | 11 | 4 |
| 12. | Aclaración de dudas.<br>Evaluación.<br>Orientación de contenidos nuevos.<br>Tema III. Continuación. Estudio de métodos en puestos multimáquinas. Coordinación del trabajo. Diagrama de hombre máquina.                                                                                                     | 12 | 4 |
| 13. | Aclaración de dudas.<br>Evaluación.<br>Orientación de contenidos nuevos.<br>Tema III. Continuación. Estudio de métodos en puestos mecanizados, por aparatos (labores de inspección, vigilancia y control) y puestos de servicio.                                                                           | 13 | 4 |
| 14. | Aclaración de dudas.<br>Evaluación.<br>Orientación de contenidos nuevos.<br>Tema III. Continuación. Estudio de métodos en puestos administrativos o de oficina.                                                                                                                                            | 14 | 2 |
| 15. | Aclaración de dudas.<br>Evaluación.<br>Orientación de contenidos nuevos.<br>Tema III. Continuación. La organización y servicio al puesto. El servicio a los medios y equipos de trabajo. El servicio a la fuerza de trabajo. Estimación del gasto energético. Capacidad de trabajo físico. Carga postural. | 15 | 4 |
| 16. | Aclaración de dudas.<br>Evaluación.<br>Orientación de contenidos nuevos.                                                                                                                                                                                                                                   | 16 | 4 |



|  |                                                                                                                                                                                                                                |  |  |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|
|  | Tema III. Continuación. La organización y servicio al puesto. El servicio a los medios y equipos de trabajo. El servicio a la fuerza de trabajo. Estimación del gasto energético. Capacidad de trabajo físico. Carga postural. |  |  |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|

**Evaluación:** Examen final escrito.

**Bibliografía:**

| Autor                                                         | Título                                                          | Editorial                                                                | País           | Año  |
|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------|----------------|------|
| Marsán, J. y colectivo de autores.                            | Ingeniería de Métodos.                                          | Félix Varela                                                             | Habana, Cuba   | 2008 |
| Organización Internacional Del Trabajo (OIT).                 | Introducción al Estudio del Trabajo                             | 4 <sup>ta</sup> Edición                                                  | Ginebra, Suiza | 2002 |
| Niebel, B. y Freilbalds                                       | Métodos, estándares y diseño del trabajo                        | 11na edición Alfaomega                                                   |                |      |
| Niebel, B. y Freilbalds                                       | Métodos, estándares y diseño del trabajo                        | Duodécima edición<br>MCGrawHill                                          | México         | 2009 |
| Roberto García Criollo                                        | Ingeniería de métodos y medición del trabajo                    | Segunda Edición, Instituto y Estudios superiores Monterrey. MCGrawHill   |                |      |
| Pedro R. Mondelo, Enrique Gregori; Joan Blasco y Pedro Barrau | Ergonomía 3<br>Diseño de puestos de trabajo                     | Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya, SL Segunda edición: | España         | 1999 |
| Oscar de Pedro González y Miguel A. Gómez Fernández           | Ergonomía 4<br>El trabajo en oficinas                           | Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya, SL                  | España         | 2001 |
| José Luis Melo                                                | Ergonomía práctica. Guía para la evaluación ergonómica de un PT | FUNDACIÓN MAPFRE. Primera Edición                                        | Argentina      | 2009 |
| Juan Bravo Carrasco                                           | Gestión de procesos con responsabilidad social                  | EDITORIAL EVOLUCIÓN S.A.                                                 | Chile          | 2009 |
| Wolfgang Laurig y Joachim Vedder                              | ENCICLOPEDIA DE SALUD Y SEGURIDAD EN EL TRABAJO                 |                                                                          |                |      |

|                                                      |                                                                                         |                                       |                    |      |
|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|--------------------|------|
| Frrred E.. Meyerrs Mattttthw P..<br>Sttstephens      | Diseño de instalaciones<br>de manufactura y<br>manejo de materiales                     | PEARSON EDUCACIÓN, tercera<br>edición | México             | 2006 |
| Instituto de investigación y<br>estudios del trabajo | La OT. Técnicas y principios para su estudio<br>y perfeccionamiento. <i>Tomo I y II</i> | MTSS                                  | La Habana.<br>Cuba | 2008 |