



Universidad de Cienfuegos
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Industrial

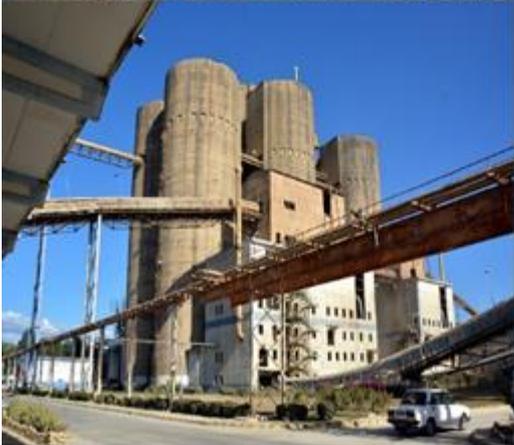
Trabajo de Diploma

Título: Cálculo de capacidades productivas en el proceso de fabricación de Cementos Cienfuegos

Autora:
Lorena de la Caridad Lara Madrazo

Tutores:
Dr. C. Henry Ricardo Cabrera
MSc. Mario Curbelo Hernández
MSc. Quirenia Nuñez Chaviano

Cienfuegos, 2022
“Año 64 de la Revolución”



Pensamiento

“Somos lo que hacemos día a día, de modo que la excelencia no es un acto, sino un hábito”

Aristóteles



Dedicatoria

Dedicatoria



Dedicatoria

El presente trabajo investigativo lo dedico a:

*A **mis abuelos** Julia Maricela e Israel, que, aunque no estén físicamente conmigo, sé que desde el cielo siempre me están cuidando y me guían para que todo me salga bien.*

*A **mi mamá** por ser el pilar fundamental de todo lo que soy y por su incondicional apoyo en todo momento.*



Agradecimientos

Agradecimientos



Agradecimientos

*A **mis abuelos** Julia Maricela e Israel por brindarme parte de su vida, por cuidarme desde que nací, por sus sacrificios y su amor incondicional.*

*A **mi madre** por el amor, cariño, apoyo y dedicación que siempre me ha brindado. Gracias por confiar y creer en mis sueños, por los consejos, valores y principios que me han inculcado.*

*A **mis tíos** por la preocupación, por sus palabras de aliento y sus buenos deseos.*

*A **mi amiga** Liliam por su cariño, amistad, paciencia y estar siempre dispuesta a ayudarme cuando más la necesite.*

*A **mis tutores** por el interés y el tiempo que me han dedicado, ya que sin su apoyo no hubiera podido llevar a cabo esta investigación.*

También quiero hacer extensivo mi agradecimiento a todas las personas que fueron parte de este proyecto, ya que, de manera directa o indirecta, aportaron a la realización del mismo.



Resumen

Resumen

Cuba tiene proyectado incrementar la producción de cemento para satisfacer la creciente demanda de este material por lo que esta investigación tiene como objetivo general calcular las necesidades de recursos productivos, a partir la aplicación del método de balances, que permita conocer las capacidades de producción de Cementos Cienfuegos S.A., como apoyo a la toma de decisiones.

El subproceso de Molienda de harina cruda es la primera fase del proceso general de producción. El propósito principal del trabajo de diploma es determinar los recursos productivos necesarios para ejecutar este subproceso.

Para ello se realiza una amplia revisión bibliográfica sobre capacidades productivas y sus métodos de cálculo, análisis y balance, que permita seleccionar el método más adecuado para realizar la aplicación deseada en el proceso.

Se utiliza un compendio de técnicas, herramientas y procedimientos de autores nacionales e internacionales de gran prestigio, las cuales fueron adaptadas a las condiciones de la empresa objeto de estudio. En base a ello, se aplica un método para el balanceo de procesos según el punto limitante.

Como resultados de la investigación se determinan las capacidades productivas y la producción posible a obtener en cada una de las operaciones en el subproceso Molienda de harina cruda y los recursos productivos principales.

Palabras claves: proceso, tipo de producción, capacidades productivas.



Summary

Summary

Summary

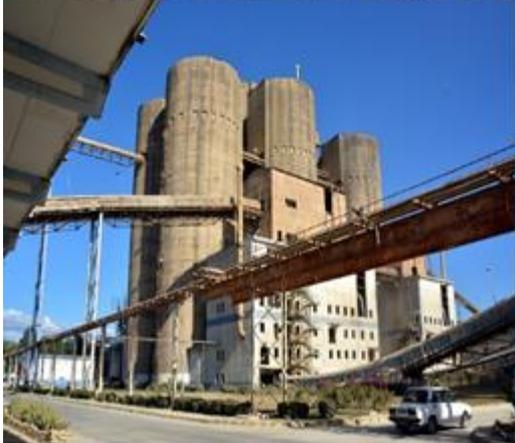
Cuba plans to increase the production capacity of cement to meet the growing demand for this material, so this research has the general objective of calculating the needs of productive resources, based on the application of the balance method, which allows knowing the production of Cementos Cienfuegos S.A., as support for decision-making. The raw flour milling sub-process is the first phase of the general production process. The primary purpose of the diploma job is to determine the productive resources needed to execute this thread.

For this, an extensive bibliographical review on productive and its methods of calculation, analysis and balance is carried out, which allows selecting the most appropriate method to carry out the desired application in the process.

A compendium of techniques, tools and procedures from national and international authors of great prestige are used, which were adapted to the conditions of the study company. Based on this, a method is applied for the balancing of processes according to the limiting point.

As results of the investigation, the productive capacities and the possible production to be obtained in each one of the operations in the Milling of raw flour sub-process and the main productive resources are determined.

Keywords: process, type of production capacity, productive.



Índice

Índice

| | |
|---|----|
| Resumen..... | 9 |
| Summary | 11 |
| Introducción | 16 |
| Capítulo I: Marco teórico referencial | 20 |
| 1.1 Balance de carga y capacidad. Conceptos y términos fundamentales | 20 |
| 1.2 Tipos de balanceo de carga | 22 |
| 1.3 Identificación de balance de carga contra capacidad en Cuba | 23 |
| 1.4 Capacidad. Conceptos | 23 |
| 1.4.1 La planificación de la capacidad productiva en la empresa | 24 |
| 1.4.2 Flexibilidad de la capacidad..... | 25 |
| 1.4.3 La gestión de la capacidad de producción | 26 |
| 1.4.4 Clasificación de las capacidades | 27 |
| 1.4.5 Formas de cálculo de capacidad | 28 |
| 1.4.6 Toma de decisiones en función de la capacidad | 30 |
| 1.5 Regulaciones de la industria del cemento | 30 |
| 1.6 Determinación de la capacidad en la industria | 31 |
| 1.7 La gestión de la producción como resultado de estudios de capacidad..... | 31 |
| 1.7.1 Etapas de la gestión de producción | 33 |
| 1.7.2 Objetivo principal de la gestión de la producción..... | 33 |
| Capítulo II: Selección del procedimiento para determinar el balance de carga y capacidad | 36 |
| 2.1 Caracterización de la empresa y análisis de tecnologías | 36 |
| 2.1.1 Caracterización de la empresa objeto de estudio..... | 36 |
| 2.1.2 Descripción del proceso productivo del cemento | 37 |
| 2.2 Descripción del proceso de Molienda de harina cruda..... | 40 |
| 2.2.1 Descripción..... | 40 |
| 2.2.2 Caracterización de las operaciones unitarias..... | 42 |
| 2.3 Análisis de los métodos más utilizados para el cálculo y balance de capacidades productivas..... | 42 |
| Capítulo III: Aplicación del método para la determinación de las capacidades productivas..... | 54 |
| 3.1 Aplicación del método balanceo del proceso según el punto limitante en el subproceso Molienda de harina cruda | 54 |
| 3.2 Aplicación del método balanceo del proceso según el punto limitante en el subproceso de Clinkerización (Horno)..... | 59 |
| 3.3 Aplicación del método balanceo del proceso según el punto limitante en el subproceso Molienda de cemento | 62 |
| Conclusiones generales..... | 72 |

Índice



| | |
|-----------------------|----|
| Recomendaciones | 74 |
| Bibliografía | 76 |
| Anexos | 80 |



Introducción

Introducción

Todo país que desea impulsar la economía, el sector de las construcciones resulta vital y dentro de él la producción cementera es crucial. La calidad de sus productos es clave, si se tiene en cuenta que están considerados como uno de los materiales más consumidos a nivel mundial, superado solo por el agua en cuanto a volúmenes totales consumidos anualmente por la sociedad (Garrido Gonzalo, 2014).

Existe una tendencia actual de medir el rendimiento de los procesos y las personas aplicando metodologías que muestren los valores reales del nivel de productividad o rendimiento, todo lo cual ha posibilitado el avance de dichos procesos y el interés por evaluar el trabajo de cualquier organización en aras de obtener la medida de su desempeño.

Peláez, 2014 plantea que para mejorar dicho desempeño las empresas buscan estrategias, mejores posiciones dentro del mercado, teniendo en cuenta la competencia, para ello invierten tiempo y dinero en herramientas matemáticas que les permitan conocer y evaluar el mismo. El fin es dominar cuáles unidades son eficientes y cuáles no para hacer frente a las exigencias, para la búsqueda de nuevos segmentos del mercado y para la manipulación, cada vez mejor, de los recursos.

Para garantizar una producción estable, rítmica y que satisfaga las necesidades de los clientes, las empresas deben realizar la división del trabajo en los procesos de producción y servicios, lo que se logra con procesos balanceados y una adecuada asignación de los recursos productivos.

Los balances de capacidades productivas tienen como ventaja que permiten que la empresa proporcione respuestas rápidas a los pedidos de la sociedad y el conocimiento de los recursos a gestionar para que lo anterior se cumpla con éxito.

En Cuba, los lineamientos del partido y los documentos programáticos hacen énfasis en lograr el incremento de la eficiencia del trabajo de la empresa estatal socialista como actor económico fundamental del sistema empresarial, establece la necesidad de realizar estudios de organización del trabajo y la producción, como factor del incremento de la productividad y eficiencia en las empresas.

La industria del cemento experimenta una inversión en tecnología y una expansión considerable después del año 1959, pues de tres fábricas de cemento pasa a tener seis, con un aumento en la capacidad de producción. Las instalaciones con las que cuenta el país para la fabricación de cemento se encuentran ubicadas en Artemisa, Mariel, Cienfuegos, Sancti Espíritus, Camagüey y Santiago de Cuba.

Las plantas instaladas en el Mariel y en Cienfuegos constituyen las mayores productoras de Clinker y cemento en Cuba, principalmente la última. La Empresa Cementos Cienfuegos S.A., líder dentro del territorio nacional, por lo que juega un rol fundamental

en el abastecimiento del producto al mercado mayorista y minorista desde Matanzas hasta Guantánamo, además abastece el 100% del Clinker que consume la fábrica José Merceron de Santiago de Cuba y el 60% del Clinker que consume la planta de Siguaney. Debido a su importante función en el sector, surge la necesidad de calcular con la mayor exactitud posible, las capacidades productivas y determinar los recursos necesarios (fuerza de trabajo, tecnologías, equipamiento y áreas de trabajo) para satisfacer la demanda de los consumidores y generar utilidades, por lo que es necesario conocer cuán capaz es la empresa de satisfacer la demanda, sus potencialidades y a partir de ahí, cuánto dispone para vender.

En este trabajo se analizan las capacidades productivas del proceso de producción de Cementos Cienfuegos S.A. mediante la aplicación de un método para el balance de procesos, lo que permite a la empresa elaborar planes de producción concretos y consolidarlos, a través de la planeación y cálculo de las capacidades productivas.

Situación problemática:

Los siguientes elementos constituyen la situación problemática de la investigación.

- Los lineamientos del partido están demandando el incremento de la eficiencia del trabajo de la empresa estatal socialista como actor económico fundamental del sistema empresarial.
- Los principales documentos programáticos del gobierno establecen la necesidad de estudios de organización del trabajo y la producción, como factor del incremento de la productividad y eficiencia en las empresas.
- Una de las tareas principales a realizar como parte de la organización del trabajo, es la división del trabajo en los procesos de producción y servicios, que garantice una producción estable, rítmica y que satisfaga las necesidades de los clientes con oportunidad.
- El logro de la continuidad y ritmicidad de la producción se logra principalmente con procesos balanceados y la asignación adecuada de los recursos productivos, de forma tal que se minimicen las interrupciones por esa causa.
- La Empresa Cementos Cienfuegos tiene la necesidad de determinar con exactitud las capacidades productivas para dar respuesta a los pedidos.
- Existen estudios precedentes sobre el cálculo de capacidades, pero de forma general para la empresa, donde no se tiene en cuenta las necesidades para los procesos.
- Se requiere actualizar dichos cálculos teniendo en cuenta las características actuales del deterioro tecnológico, disponibilidad de recursos y otros factores productivos.

- Se requiere saber a qué porcentaje de la capacidad está operando la empresa en cada momento.

Teniendo en cuenta los aspectos anteriores, se formula como **problema de investigación**:

¿Cómo fortalecer la toma de decisiones en materia de producción para el subproceso Molienda de harina cruda en la Empresa Cemento Cienfuegos S.A.?

Objetivo general.

Calcular las necesidades de recursos productivos, a partir la aplicación del método de balances, que permita conocer las capacidades de producción de Cementos Cienfuegos S.A., como apoyo a la toma de decisiones.

Objetivos específicos.

1. Caracterizar el proceso de producción de cemento en todos sus subprocesos, considerando sus elementos principales (tecnología de producción, equipamiento, fuerza de trabajo empleada, régimen de trabajo y descanso, métodos y procedimientos de trabajo, normas de trabajo, otros).
2. Calcular las necesidades de recursos productivos y las capacidades de producción de cada una de sus operaciones y procesos.
3. Balancear los procesos y calcular la capacidad total de la planta.

Justificación de la investigación.

Aspecto metodológico: Brinda métodos y procedimientos de cálculo, que consideran varias condiciones de trabajo de los procesos. Puede extenderse su aplicación a otros procesos de la propia empresa.

Aspecto práctico: El cálculo de las capacidades y el balance del subproceso, permite establecer un programa operativo y a corto plazo, que facilite a los directivos organizar la producción y el trabajo y establecer planes productivos.

Para su presentación, la investigación se estructura en tres capítulos:

Capítulo I: Contiene el marco teórico-referencial que sustenta la investigación, teniendo como base los conceptos y términos relacionados con los balances de carga y capacidad, así como la gestión de las capacidades productivas.

Capítulo II: Se realiza la caracterización de la empresa Cementos Cienfuegos S.A., del proceso de producción y del subproceso objeto de estudio. Además, se realiza un análisis de los procedimientos para determinar el balance de carga y capacidad.

Capítulo III: Se calculan y presentan los resultados obtenidos de la aplicación del método para el balanceo del proceso según el punto limitante.



Capítulo I

Capítulo I: Marco teórico referencial

La revisión bibliográfica sobre las temáticas de balance de carga y capacidad, capacidades productivas y producción en investigaciones preliminares junto a un compendio de técnicas, herramientas y metodologías de autores nacionales e internacionales de prestigio, sustentan las bases científicas de esta tesis. Estas fueron adaptadas a las condiciones de las cementeras cubanas y a la disponibilidad de información. En la Figura 1.1 se enuncian los principales aspectos que constituyen el hilo conductor de la investigación.



Figura 1.1: Hilo conductor del marco teórico. Fuente: Elaboración propia.

1.1 Balance de carga y capacidad. Conceptos y términos fundamentales

El balance de carga y capacidad consiste en la determinación y comparación de las cargas y capacidad de la empresa y constituye un elemento fundamental para la correcta dirección de la producción. Un proceso está balanceado cuando todas sus actividades tienen aproximadamente la misma capacidad.

Según Marsan, (1987) la carga de producción es el volumen de producción a obtener para un puesto de trabajo en un determinado período de tiempo. Además, puede ser vista por la demanda de producción establecida por programación (normalización), basada en los pedidos de los clientes o en los planes de venta.

Por otra parte, se entiende por capacidad productiva máxima a la cantidad tope de productos de la calidad del surtido correspondiente. Esta puede ser producida por un

medio básico en una unidad de tiempo, con la óptima utilización y bajo las condiciones de explotación. Además, expresa la máxima velocidad para la introducción de tecnologías más avanzadas. Analizar las capacidades de producción implica determinar el nivel de utilización, así como identificar los factores que determinan las magnitudes de estas y definir las reservas existentes para aumentar la magnitud y el nivel de utilización de las capacidades de producción.

La magnitud considera:

- El nivel de la tecnología.
- La cantidad de equipos y la magnitud de las áreas productivas.
- Régimen de trabajo normado.
- Diseño y características del producto.
- Calidad y composición normada de la materia prima.
- La especialización de la producción.
- Indicadores de rendimiento de los equipos y áreas.
- Duración óptima de la temporada.
- La organización de la producción.

El nivel de utilización tiene en cuenta:

- El nivel de la organización.
- La eficiencia de abastecimiento técnico material.
- Régimen de trabajo normado.
- La demanda.
- La disponibilidad de la fuerza de trabajo.
- La calificación de los trabajadores y su estimulación.
- Coeficiente de disposición técnica de los equipos.
- Cumplimiento promedio de las normas.
- La eficiencia de la dirección.
- La estabilidad de la fuerza de trabajo.
- El nivel de desarrollo de la actividad y su eficiencia.

En empresas o entidades la terminología de balance de carga y capacidad se aplica de muchas maneras, por ejemplo, en una empresa de Asignación de Proyectos se realiza un modelo matemático para asignar proyectos a empleados. Por esta razón se concibe una investigación utilizando la programación lineal entera del problema de balanceo de carga de trabajo en la asignación de proyectos para obtener, de esta manera, soluciones óptimas, que al ser aplicadas en casos reales permite que dentro de las organizaciones se realice de manera eficaz la designación de actividades y tareas y, a la vez, se

eliminen sobrecargas o tiempos ociosos en los recursos empleados (Acuña Parada et al., 2013).

En una Empresa Eléctrica se usa para determinar mediante los cálculos las condiciones de operación en términos permanentes siendo su sistema eléctrico de transmisión o de distribución las tensiones en las distintas barras de la red, flujos de potencia activa y reactiva en todas las líneas, desbalance de cargas, pérdidas en los transformadores para resolver problemas de operación, regulación de voltaje, balance de cargas, etc.) como en la planificación de nuevos sistemas (verificar el comportamiento de los elementos en las distintas alternativas, compensación shunt, derivaciones de los transformadores; para esto se realizó el balance de cargas en cinco cámaras de transformación subterránea (Montaguano & Toctaguano Viracucha, 2009).

En el VRP (Problema de Ruteo de Vehículos) se desarrolló un modelo de programación entera mixta donde se implementó en GAMS y se probó con las primeras siete instancias de (Augerat et al., 1998) por ser la optimización combinatoria uno de los problemas más estudiados en las últimas décadas. El enfoque tradicionalmente utilizado para la optimización de un solo objetivo, plantea la realidad organizacional para optimizar más de un objetivo que permita la toma de decisiones con una visión de negocio más integral. El problema de ruteo de vehículos bajo un enfoque multiobjetivo, donde se incorpora además de la minimización de la distancia, el balance de carga como objetivo de optimización. Este último objetivo que se ha estudiado poco y en la mayoría de los trabajos analizados, se ha considerado el balance de carga desde la perspectiva de la longitud de las rutas, pero aquí se definió el balance de carga como la diferencia de carga entre los vehículos con mayor y menor cantidad de producto a transportar hacia los clientes. (Sarmiento Lepesqueur, 2014).

1.2 Tipos de balanceo de carga

Existen dos formas de balanceo de carga:

1. Balanceo de carga estático: El balanceo de carga también es llamado mapeado del problema o planificación del problema. Este tipo de balanceo de carga se trata antes de la ejecución de cualquier proceso.
2. Balanceo de carga dinámico: Este tipo de balanceo de carga se trata durante la ejecución de procesos. Con el balanceo de carga dinámico todos los inconvenientes que presenta el balanceo de carga estático se tienen en cuenta.

El balanceo de carga estático tiene serios inconvenientes que lo sitúan en desventaja sobre el balanceo de carga dinámico. Entre ellos cabe destacar los siguientes:

- Es muy difícil estimar de forma precisa el tiempo de ejecución de todas las partes y la división de este programa sin ejecutarlas.

- Algunos sistemas pueden tener retardos en las comunicaciones que pueden variar bajo diferentes circunstancias, lo que dificulta incorporar la variable retardo de comunicación en el balance de carga estático.
- A veces los problemas necesitan un número indeterminado de pasos para alcanzar la solución.

1.3 Identificación de balance de carga contra capacidad en Cuba

En Cuba con el triunfo de la revolución en 1959 se produjo un cambio de paradigma, comenzaba así una nueva etapa dentro del mundo empresarial de la isla. Muchas fueron las rutas trazadas para alcanzar objetivamente las metas propuestas por la dirección del país. Transcurridos algunos años, la introducción de nuevas tecnologías y la necesidad de un personal cada vez más calificado asechaban las puertas de las industrias cubanas. Introducidas estas, ahora restaba alcanzar una serie de parámetros como la calidad total de los productos o servicios prestados, todo ello en el menor tiempo posible, a un costo razonable, con los menores tiempos de inventario. Para lograr esto, se conoce que en la mayoría de las empresas cubanas se identifican los puntos limitantes de forma empírica y en algunos casos se realiza el balance de carga contra capacidad, para luego analizar ese punto limitante y tratar dar soluciones parciales o totales a la situación que limita la producción.

En la actualidad la estrategia trazada por el gobierno en los lineamientos de la política económica y social, aprobados en el último Congreso del Partido Comunista de Cuba, evidencia una nueva visión de cómo manejar estos puntos limitantes y el cómo gestionar soluciones acertadas en pos de la calidad necesaria y la mejora continua. Con la llegada del período especial y la baja carga de la actividad industrial se perdió la costumbre y la necesidad de calcular este indicador.

1.4 Capacidad. Conceptos

Capacidad es la cantidad de producto que se obtiene de un proceso por unidad de tiempo. Es el más alto nivel de producción que una compañía puede sostener razonablemente, con horarios realistas para su personal y con el equipo que posee. Se define como la facultad para tener, recibir, almacenar o dar cabida. En los negocios, en un sentido general, se suele considerar como la cantidad de producción que un sistema es capaz de generar durante un periodo específico.

La capacidad productiva es la cantidad de producción y servicio que puede ser obtenida para una determinada unidad productiva durante un cierto periodo de tiempo (Domínguez et al., 1995). Esta definición es válida desde el nivel de la industria hasta el de una simple estación o puesto de trabajo y en ella es importante recalcar la dimensión temporal a que se refiere.

Para (Urquiaga Rodríguez & Torres Cabrera, 2007) la capacidad de producción de un proceso, es la producción máxima posible en un período dado en la nomenclatura y la calidad demandada por los clientes, utilizando plenamente y en correspondencia con el régimen de trabajo normado, los equipos y las áreas productivas disponibles.

Aquilano & Chase, 1995 menciona que, desde la perspectiva de los negocios, es más frecuente definir la capacidad como la cantidad de producción que un sistema puede conseguir durante un período específico, donde los administradores de operaciones deben tomar en cuenta las entradas de recursos y las salidas de productos.

1.4.1 La planificación de la capacidad productiva en la empresa

Varios autores como Chase (2000) y Domínguez et al., (1995), establecen que la planeación de la capacidad de producción y las decisiones que conllevan a su desarrollo deben llevarse a cabo en el nivel directivo de la organización debido a que son de tipo estructural e implican importantes inversiones de dinero. Si estos no se realizan adecuadamente, pueden generar inconvenientes a nivel competitivo debido a los costos que acarrea el sobredimensionamiento o fallas en el nivel de servicio debido a la escasez de producto ocasionada por una capacidad insuficiente.

La planeación de la producción tiene como objetivo prever y movilizar todos los recursos necesarios para la producción de un bien, o para la prestación de un servicio en el plazo adecuado y en las cantidades correctas. Eso implica la determinación y cálculo de todos los recursos necesarios a la ejecución de las órdenes de producción. Un conjunto reducido de factores, denominados internos son modificados para obtener un plan de producción y otro grupo mayor de factores denominados externos, están fuera de control de quienes planifican la producción.



Figura 1.2: Planeación de la producción. Fuente: Elaboración propia.

La planeación de la producción presenta tres procesos básicos: planeación agregada, programa maestro de producción y planeación de los requerimientos de materiales.

El proceso normal de planeación consiste en desarrollar planes agregados con el objetivo de equilibrar la demanda con los niveles de capacidad e inventarios disponibles por su parte el programa maestro de producción toma las demandas previstas y determina un programa de actividades de producción que se utiliza como insumo para la planeación de requerimientos de materiales que proporcionan los requerimientos de las partidas de materiales y materia prima.

El objetivo de la planeación estratégica de la capacidad es ofrecer un enfoque para determinar el nivel general de la capacidad de los recursos de capital intensivo que apoye mejor la estrategia competitiva de la compañía a largo plazo.

El nivel de capacidad que se elija tiene repercusiones críticas en el índice de respuesta de la empresa, la estructura de sus costos, sus políticas de inventario, los administradores y personal de apoyo que requiere.

- Si la capacidad no es adecuada, la compañía podría perder clientes en razón de un servicio lento o de que permite que los competidores entren al mercado.
- Si la capacidad es excesiva, la compañía tal vez se vería obligada a bajar los precios para estimular la demanda, a subutilizar su fuerza de trabajo, a llevar un inventario excesivo o a buscar productos adicionales, menos rentables, para permanecer en los negocios.

El mejor nivel de operación se refiere al nivel de capacidad diseñado por el proceso y, por lo mismo, se refiere al volumen de producción que minimiza el costo promedio por unidad.

Una medida muy importante es el índice de utilización de la capacidad, este revela qué tan cerca se encuentra la empresa del mejor punto de operación: el índice de utilización de la capacidad se calcula como la capacidad utilizada / mejor nivel de operación.

Un ejemplo, si el mejor nivel de operación de la planta fuera de 3100 toneladas de Clinker por día y si estuviera operando actualmente a 2950 toneladas por día, entonces el índice de utilización de la capacidad sería 95%.

Índice de utilización de la capacidad = $2950 / 3100 = 0.95$ ó 95%

1.4.2 Flexibilidad de la capacidad

La flexibilidad de la capacidad significa que se tiene la capacidad para incrementar o disminuir los niveles de producción con rapidez, o de pasar la capacidad de producción de forma expedita de un producto o servicio a otro. Esta flexibilidad es posible cuando se tienen plantas, procesos y trabajadores flexibles, así como estrategias que utilizan la capacidad de otras organizaciones.

- Plantas flexibles: Es aquella que no tarda nada de tiempo para pasar de un producto a otro. Esta planta usa equipamiento movable, muros desmontables y suministro de energía eléctrica muy accesible y fácil de cambiar de ruta y, en consecuencia, se puede adaptar con rapidez al cambio.
- Procesos flexibles: Resumen de los procesos flexibles son, por un lado, los sistemas flexibles de producción y, de la otra, el equipamiento simple y fácil de preparar. Estos dos enfoques tecnológicos permiten pasar rápidamente, a bajo costo, de una línea de productos a otra y ello conlleva a lo que se conoce como economías de alcance. Por definición, las economías de alcance existen cuando múltiples productos se pueden producir a costo más bajo en combinación que por separado.
- Trabajadores flexibles: Poseen múltiples habilidades y son capaces de pasar con facilidad de un tipo de tarea a otro. Requieren una capacitación más amplia que la de los obreros especializados y necesitan el apoyo de gerentes y de personal administrativo para que éstos cambien rápidamente sus asignaciones laborales.

1.4.3 La gestión de la capacidad de producción

La gestión de la capacidad de producción, tiene como objetivo, según Suárez et al., (2020), determinar y aplicar las acciones que garanticen poner la magnitud y la utilización al nivel que requiere la demanda de los clientes con la eficiencia posible. Para lograr este objetivo, es necesario controlar y analizar constantemente los factores que inciden en el menor o mayor aprovechamiento para tomar acciones que permitan adecuadamente su funcionamiento.

Si se integra la información de los autores Suárez et al., (2017) y Domínguez et al., (1995), los siguientes son los factores que afectan la magnitud y la utilización de la capacidad:

- El nivel de la tecnología.
- El nivel real de organización.
- Aspectos de localización.
- La cantidad de equipos.
- La política de mantenimiento.
- La gestión de materiales.
- La eficiencia del aseguramiento.
- La magnitud y distribución de las áreas productivas.
- La demanda y cuota del mercado.
- La mano de obra
- El régimen de trabajo.

- La disponibilidad de la fuerza de trabajo.
- Diseño característico del producto.
- La calificación de los trabajadores y su estimulación.
- Calidad permitida por el proceso.
- Calidad y composición normadas de la materia prima.
- Coeficiente de disposición técnica de los equipos.
- La especialización.
- Indicadores de rendimiento de los equipos y áreas.
- Cumplimiento promedio de las normas.
- La eficiencia de la dirección.
- La estabilidad de la fuerza de trabajo.
- El grado de la cooperación y su eficiencia.
- Estructura del programa de producción.
- Coeficiente de turno real.
- Modelo organizativo adoptado.
- Proporcionalidad (existencia de cuellos de botella).
- Aprovechamiento de la jornada.
- Liquidez financiera.

1.4.4 Clasificación de las capacidades

La capacidad de los medios de trabajo, en general, puede también diferenciarse, en función de su disponibilidad, necesidad y utilización temporal en:

- Capacidad instalada C_i : Esta tiene potencial y totalmente disponibilidad para alcanzar los resultados productivos máximos especificados por su fabricante. La magnitud de esta capacidad se ve disminuida solo por razones de mantenimiento de los medios de trabajo para garantizar su propia disponibilidad y utilización normal (racional). A su vez, la capacidad instalada puede ser sostenida para muy cortos periodos de tiempo, así como pocas horas al día o pocos días al mes (Jordán, 2017).
- Capacidad disponible C_d : Es menor que la capacidad instalada y depende de las condiciones de producción, administración y organización en que se esta se desempeña. En comparación con la capacidad instalada, la disponible se ve disminuida en relación con los días hábiles del año, el número de turnos y su duración, las horas perdidas por ausentismo de los trabajadores, las pérdidas originadas por factores organizacionales y por otros factores influyentes externos, analizados casuísticamente (Jordán, 2017).

- Capacidad necesaria Cn: Es aquella que se debe utilizar, para aprovechar las posibilidades y las exigencias del mercado; o sea, indica cuánto se debe utilizar la capacidad en un determinado periodo de tiempo para realizar un plan de producción. La capacidad necesaria puede ser mayor, igual o menor que la capacidad instalada o disponible (Jordán, 2017).
- Capacidad utilizada Cu: Refleja su real utilización para un determinado periodo de tiempo; es decir, la producción realizada, expresada en las mismas unidades de medida en que se han calculado, la capacidad instalada, disponible y necesaria a los efectos de comparación y correspondencia con los factores perturbantes (Kalenatic & Blanco Rivero, 1993).

1.4.5 Formas de cálculo de capacidad

La capacidad de producción es una magnitud variable en el tiempo, por lo que hay que valorar sistemáticamente el cambio de los factores que determinan su magnitud y calcularla. Para la determinación y valoración de la capacidad, Estévez Torres et al., (2021); Sablón Cossío et al., (2021); Suárez et al., (2017); Reyes Vásquez et al., (2016), concuerdan en que está determinada por el fondo de tiempo disponible y las normas de tiempo de cada operación del proceso. Establecen la utilización de métodos de balances, que tienen como fin afrontar no solo la magnitud, sino también el nivel de utilización y el nivel de demanda a alcanzar por la organización para tomar oportunamente las acciones que correspondan.

Algunas ideas fundamentales para el cálculo de la capacidad en una empresa se centran en Acevedo Suárez et al., (2019), y destacan:

1. El cálculo de la capacidad productiva de la empresa se realiza por su taller o agregado considerado como fundamental, el cual se define como aquel punto en que se emplea el mayor gasto de trabajo en la empresa, requiere de mayores inversiones o emplea la tecnología característica en la obtención del producto acabado.
2. La definición de la capacidad por el "cuello de botella" constituye una desestimulación para su eliminación, está por lo general requiere de pequeñas inversiones o solo de diversas medidas técnico-organizativas. La capacidad de producción está también determinada por la estructura de surtidos, cuya variación está asociada a la variación de la capacidad de producción.
3. La capacidad productiva debe calcularse para la máxima utilización del fondo de tiempo de los equipos y áreas productivas, sin deducir afectaciones al régimen de trabajo por problemas de fuerza de trabajo, materias primas, entre otras.

4. La capacidad de producción se expresa en las mismas unidades en que se expresa la producción, o sea unidades físicas o de valor.
5. Un punto clave en el cálculo de capacidad de producción es la utilización de las normativas de gasto de tiempo de los distintos surtidos de productos en cada taller, sector o grupo de equipos.
6. En el cálculo de las capacidades de producción se consideran todos los equipos productivos a disposición de la empresa.
7. La variación de la calidad y diseño de los productos implica variación de la capacidad (aumento o disminución) dado a las diferencias de laboriosidad en magnitud y estructura.
8. El cálculo de la capacidad tiene un carácter relativo al objetivo que se busca. Es por ello que al cuantificar los distintos factores que determinan la magnitud de la capacidad debe hacerse considerar la situación alcanzable en el horizonte de tiempo donde se materializará la decisión que se fundamenta con los cálculos.
9. La capacidad puede ser medida del lado del Input y del lado del Output, y no puede decirse que exista una medida universal (válida para la medición de la capacidad, en cualquier caso), ni siquiera una norma genérica sobre ella.

Para determinar la capacidad que se requerirá, se deben abordar las demandas de líneas de productos individuales, capacidades de plantas individuales y asignación de la producción a lo largo y ancho de la red de la planta. Por lo general, esto se hace con los pasos siguientes:

1. Usar técnicas de pronóstico para prever las ventas de los productos individuales dentro de cada línea de productos.
2. Calcular el equipamiento y la mano de obra que se requerirá para cumplir los pronósticos de las líneas de productos.
3. Proyectar el equipamiento y la mano de obra que estará disponible durante el horizonte del plan.

Muchas veces, la empresa decide tener un colchón de capacidad que se mantendrá entre los requerimientos proyectados y la capacidad real. Un colchón de capacidad se refiere a la cantidad de capacidad que excede a la demanda esperada.

Un ejemplo, si la demanda anual esperada de una instalación es de 10 millones de dólares en productos al año y la capacidad del diseño es de 12 millones de dólares al año, ésta tendrá un colchón de capacidad de 20%. Un colchón de capacidad de 20% es igual a un índice de utilización de 83%.

1.4.6 Toma de decisiones en función de la capacidad

La gestión de la capacidad tiene como objetivo determinar y aplicar medidas o acciones (Parada Gutiérrez, 2009); (Kalenatic et al., 2009) ; (Enguítanos, 2009) dirigidas a:

- Variar la magnitud de la capacidad a alcanzar para satisfacer una cuota de mercado objetivo en el marco de un nivel de utilización alcanzable, actuando sobre los factores que determinan la magnitud. Entre las acciones a ejecutar se encuentran: introducir cambios en el diseño del producto, renovar tecnología, variar el régimen laboral o cambiar la cantidad de puestos.
- Mejorar la utilización de la capacidad de producción a lograr para cumplir una cuota de mercado con la capacidad disponible, actuando sobre los factores que determinan la utilización. Son acciones el mejoramiento del servicio a los puestos de trabajo, la modificación del sistema de estimulación y el mejoramiento del estado técnico de los equipos.
- Variar la magnitud y estructura del mercado que puede abarcarse frente a una cuota de mercado objetivo con la capacidad existente y utilizada a un nivel dado, actuando sobre los factores que permiten ampliar el mercado como son ampliar el mercado o variar la segmentación. Mejorar la competitividad, dirigida a la cuota de mercado a que se puede aspirar con la capacidad existente y el nivel de utilización alcanzable, actuando sobre factores de marketing como: disminuir costos, aumentar la calidad de la producción o los servicios, mejorar la imagen empresarial, mejorar el servicio y personalizar el producto.
- Cuando se considera la capacidad, se debe tomar en cuenta las entradas de recursos y las salidas de productos, de forma tal que se optimice la capacidad para satisfacer la demanda prevista de los productos de forma eficiente (Torres & Urquiaga, 2007).

1.5 Regulaciones de la industria del cemento

En Cuba existen entidades reguladoras que intervienen de una forma u otra en la producción del cemento, tales como el Grupo Empresarial del Cemento (GECEM), este dirige toda la actividad de la producción, distribución, comercialización, mantenimiento, logística, servicios asociados a este, también otras entidades del país y de la administración central del estado como son Ministerio de la Construcción (MICONS), Grupo Empresarial Industrial de la Construcción (GEICON), Ministerio de Economía y Planificación, Oficina Nacional de Normalización (ONN), Ministerio para la Ciencia Tecnología y el medio Ambiente (CITMA), Instituto Nacional de recursos Hidráulicos (INRHI) Ministerio de Energía y Minas (MINEN), Ministerio de Transporte (MITRANS), Oficina Nacional para el uso Racional de la Energía (ONURE), Ministerio de Comercio

Exterior (MINCEX). Estas entidades públicas se basan en leyes, decretos leyes, disposiciones reglamentos, normas, auditorias y controles permanentes que realizan sistemáticamente en las diferentes etapas de elaboración del cemento.

1.6 Determinación de la capacidad en la industria

El cálculo y determinación de la capacidad de producción en la industria, sigue siendo un aspecto de importancia, como vía para conocer si la demanda de los clientes puede o no ser satisfecha a partir de la disponibilidad tecnológica con que cuenta la organización. Sin embargo, a pesar de este argumento no se encuentran trabajos que sistemáticamente aborden esta problemática.

En Cuba, sobre el particular han escrito Martha Zaldívar y Humberto Blanco, (1986), Palacios Cívico, (2013); José Antonio Acevedo Suárez Acevedo Suárez et al., (2013), Acevedo Suárez et al., (2020) y Benjamín González Jordán (1990). Es precisamente el trabajo de este último autor, recogido en la revista Economía y Desarrollo No.1 de 1990, el que se utilizará como base para realizar algunas reflexiones a partir de las conclusiones a que se arriban en este artículo.

Lo primero que da por sentado el Dr. Benjamín González Jordán es que el procedimiento tradicional para el cálculo de la capacidad es ampliamente conocido y se encuentra detalladamente expuesto en diversos trabajos. Se han revisado documentos donde la Capacidad Productiva Disponible es superior a la Capacidad Productiva Potencial. Por esto y otros aspectos, es por lo que se considera necesario recordar, como se determina la capacidad en una organización utilizando para ello el método tradicional; pero antes es oportuno precisar el concepto de capacidad: la capacidad es un atributo del equipamiento, es decir, los equipos son los que tienen capacidad y rendimiento, no productividad.

La comparación entre los niveles de ventas o demanda proyectada y la capacidad determinada permite saber si se cuenta o no con la capacidad suficiente para hacer frente a la demanda estimada. Si la capacidad supera a la demanda no hay problemas, esto hace entender que se cuenta con la capacidad suficiente para solventar la demanda presentada. Si por el contrario la demanda supera a la capacidad, esto nos intuye que la empresa no puede, a lo interno, solventar toda la demanda que le están exigiendo. De darse esta situación la información o el dato que se utilizará para la confección del plan será el valor o magnitud de la capacidad con que cuenta la organización.

1.7 La gestión de la producción como resultado de estudios de capacidad

La demanda de cemento en Cuba se ha extendiendo cada día más, por tal motivo es que se requiere llegar a altos niveles de producción y que se reflejan en el mercado, en

los productos, en la economía, esta condición permite que exista influencia tecnológica y económica. La Empresa Cementos Cienfuegos S.A. debe garantizar una optimización de la producción. Esto se logra mediante una gestión eficiente de los recursos humanos físicos disponibles, empleando materia prima de calidad y garantizando el buen funcionamiento y disponibilidad de la maquinaria de producción. A medida que la empresa crece y se desarrolla, lo hace su capacidad de producción. Para producir durante periodos de tiempo más prolongados se requiere que el producto se entregue en el menor tiempo posible, teniendo en cuenta que no abastecemos estos niveles de producción, una de ellas es el paro indebido de las máquinas en pleno proceso.

La gestión de la producción es la herramienta principal de una empresa, debido a que se utiliza para planificar, organizar, dirigir y controlar las actividades de producción. Además, se ocupa de convertir las materias primas en productos terminados para satisfacer las necesidades de la gente, esta corresponde con la utilización de métodos y técnicas con el fin de llevar las materias a convertirse en productos acabados.

Este proceso radica en una cadena de acciones en las que se relacionan los elementos indicados, desde la participación del recurso humano, manipulando las materias primas por medio de las máquinas necesarias, con el fin de lograr una distribución por producto con el nivel de calidad y cantidad esperadas.

La gestión de producción y operaciones permite una planificación ideal, una organización adecuada y una supervisión final de los pasos que hacen parte de la línea de elaboración y entrega final del producto y/o servicio. De esta forma, se garantiza que la productividad empresarial se vea reflejada de forma efectiva y eficaz en los objetivos de la gestión de producción y operaciones para que los insumos disponibles se conviertan en bienes. En la gestión de producción se presentan distintos aspectos que conforman la base de sus principios más importantes. Entre estos, se destacan los siguientes:

- Desde los inicios de la industrialización, la producción se convirtió en el eje sobre el que gira la economía de cualquier país.
- Una sistematización efectiva de los distintos procesos dentro de una empresa.
- Su relación con el perfil de los empleados contratados y las características de sus funciones, dependiendo del cargo.
- Las relaciones entre las distintas áreas de la empresa y los líderes de las mismas.
- El público al que va dirigida la producción.

Procesos clave que intervienen en la gestión de producción:

- La gestión de la cadena de suministros.

- La gestión logística.

En estos dos puntos se invierte la mayor cantidad de costos, gastos e inversiones. Por esta razón se ven reflejados en los resultados que muestran mayor impacto para la organización. Para ello se suman otros factores importantes, como el uso controlado de recursos y la rentabilidad. Estos son los principales aspectos dentro de la gestión de producción y operaciones que se deben aplicar para cumplir con las demandas de sus clientes.

1.7.1 Etapas de la gestión de producción

- Etapa analítica de la gestión de producción.

Como primera medida, se deben definir los materiales necesarios para crear el producto o los requisitos para generar un servicio. En este paso inicial el objetivo de la gestión de producción y operaciones es conseguir la mayor cantidad de materia prima con el menor costo posible. Aquí es necesario definir una meta de producción clara, para que se tenga en cuenta en todo el proceso de elaboración, a la vez que ya se tiene la disponibilidad de todo el material que se va a utilizar.

- Etapa de síntesis de la gestión de producción.

En esta etapa de la gestión de producción y operaciones los materiales se convierten en el producto deseado. Para ello se deben establecer unos estándares de calidad mínimos y garantizar su cumplimiento. Además de una elaboración minuciosa se deben tener unos mecanismos de revisión constantes para poder prevenir complicaciones y aplicar los cambios necesarios en el momento indicado.

- Etapa de acondicionamiento de la gestión de producción.

Ahora se busca que el producto terminado esté acorde con las necesidades del cliente o que pueda ser adaptado a un nuevo fin, apoyándose en acciones comerciales. Al realizar el transporte de productos y su entrega debe haber un mecanismo de control que pueda medir el nivel de alineamiento con los estándares de calidad requeridos por el cliente.

1.7.2 Objetivo principal de la gestión de la producción

El objetivo principal de la gestión de la producción es producir bienes y servicios con la calidad adecuada, en la cantidad adecuada, en el momento adecuado y a un coste mínimo. También intenta mejorar la rentabilidad. Una empresa que funciona eficazmente puede hacer frente a la competencia de manera satisfactoria.

Conclusiones parciales capítulo

1. El método de balances es ampliamente difundido en el mundo empresarial. Las empresas lo utilizan para gestionar sus estados financieros, para realizar

balances de recursos laborales y otros usos. Un caso particular del uso de este método, son los balances de capacidades productivas.

2. El cálculo preciso de las capacidades en cada momento, permiten predecir y planificar de forma proactiva las necesidades de los principales recursos productivos e incrementar la eficiencia de los procesos.
3. La actualización constante de los cálculos de capacidades productivas, permite encontrar las reservas de capacidad que provocan las brechas entre la capacidad máxima de un proceso o fase de este y las capacidades disponibles o reales. Estas brechas se superan o resuelven a partir de planes de mejora.



Capítulo II

Capítulo II: Selección del procedimiento para determinar el balance de carga y capacidad

En el presente capítulo realiza un análisis de procedimientos para determinar el balance de carga y capacidad del proceso de producción de cemento en la Empresa Cementos Cienfuegos S.A.

2.1 Caracterización de la empresa y análisis de tecnologías

En este epígrafe se realiza la descripción de la Empresa Cementos Cienfuegos S.A. y del proceso productivo de elaboración de cemento, dado que es muy importante para el estudio de carga y capacidad que se lleva a cabo.

2.1.1 Caracterización de la empresa objeto de estudio

Cementos Cienfuegos S.A. es una empresa mixta, perteneciente al Ministerio de la Construcción, destinada a la producción y comercialización de Clinker y cemento consignados a clientes nacionales y extranjeros. Entre sus productos actuales, están el Clinker, el Cemento Portland P-35, el Cemento Portland Puzolánico PP-35 y el Cemento Puzolánico PZ-25.

El 8 de marzo de 1980 comienza la explotación del primero de los tres hornos de la Fábrica de Cemento de Cienfuegos, permitió un aumento considerable en la producción nacional de este renglón. La Fábrica de Cementos “Karl Marx” fue inaugurada por el Comandante en Jefe Fidel Castro Ruz y el presidente de la RDA Eric Honeker. La tecnología de producción es de vía seca y la conformaban tres líneas paralelas de producción con una capacidad instalada de 1 500 000 toneladas/año de Clinker (tres hornos rotatorios de 500 000 toneladas/año de Clinker).

El 15 de noviembre del año 2000 después de 21 años de explotación, se decide la constitución de Cementos Cienfuegos S.A, creada por Acuerdo No. 3806 del Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros de la República de Cuba, donde autoriza la creación de la empresa y su objeto social, Modernización, rehabilitación, optimización, operación, mantenimiento, ampliación de la capacidad y explotación de la Planta, la explotación, extracción, transporte y proceso industrial de los minerales de calizas, margas, tobas, limonitas y areniscas ubicados en los yacimientos autorizados en las concesiones mineras que se transferirán o que posteriormente se otorguen, así como la producción, exportación almacenamiento, transporte terrestre y marítimo, distribución, comercialización de Clinker, cemento, aditivos de cemento y modificantes especiales de cemento.

Desde 2008 la empresa trabaja en un sistema denominado en su momento Sistema Integrado de Gestión. (SIG) que abarca sistemas de gestión para calidad, ambiente y Seguridad y salud en el trabajo con el propósito de:

- Demostrar la capacidad de Cementos Cienfuegos S.A. para suministrar de forma consistente Clinker y cemento que satisfagan los requisitos de los clientes y partes interesadas.
- Mejorar los resultados en la gestión y desarrollo del personal.
- Eliminar y reducir riesgos para la seguridad y salud del personal, así como para la gestión integral de la organización.
- Mejorar los resultados en los impactos en la sociedad y el medio ambiente relacionados con las operaciones de la entidad.
- Contribuir al logro de los resultados productivos, comerciales y económico-financieros.
- Análisis e investigación del mercado
- Cumplir con los requisitos Legales y Reglamentarios aplicables.

La visión de la empresa es ser productora y exportadora de Clinker y cemento líder en Cuba y el Caribe a través del:

- Uso eficiente de recursos energéticos.
- Coprocesamiento de desechos.
- Desarrollo de las personas.
- Innovación de productos.

En el **Anexo 1** se aprecia el mapa de procesos de la empresa objeto de estudio y en el **Anexo 2** se muestra la macroestructura de la empresa.

2.1.2 Descripción del proceso productivo del cemento

El proceso de producción de cemento se divide en tres etapas básicas reflejadas en la figura 2.1.

Primera etapa: Extracción, preparación y molienda de materias primas. Las materias primas, caliza, marga y mineral de hierro, se extraen de las canteras, las que son transportadas hasta el área donde se trituran y secan. Posteriormente se dosifican a los molinos de crudo hasta obtener la harina o crudo.

Segunda Etapa: Cocción del crudo en hornos rotatorios. Una vez homogenizada la harina entra a los hornos rotatorios, en los que se desarrolla el principal proceso de la planta: la clinkerización.

Tercera Etapa: Molienda del Clinker con otros componentes: yeso y adiciones para dar lugar a los distintos tipos de cemento. La distribución del cemento puede ser a granel o en sacado.

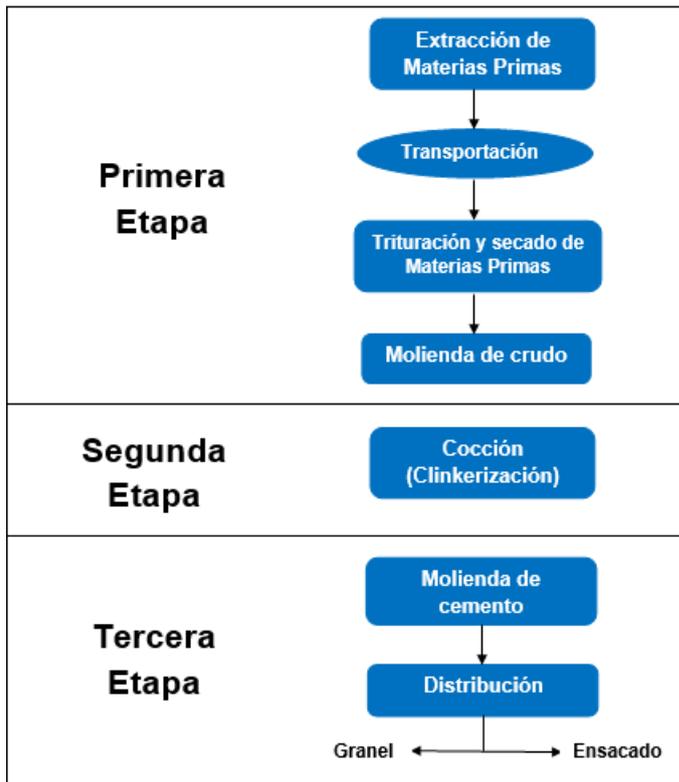


Figura 2.1: Diagrama de primer nivel del proceso productivo. Fuente: León (2019).

Preparación de las materias primas.

La marga y la caliza son extraídas por voladura con el empleo de explosivos. Posteriormente son transportadas, trituradas, secadas, almacenadas y finalmente dosificadas. Todos los materiales (caliza, marga y perdigón) son transportados por camiones desde las canteras hacia la instalación de Materias Primas. Posteriormente deberán ser secados hasta 7 o 12 % de humedad como máximo y triturado en el área de la trituradora primaria existente. Luego se separan los finos que serán alimentados directamente al secador rotatorio ubicado en esta área.

Las materias primas trituradas, son conducidas por bandas transportadoras hasta los seis silos de caliza (2 por línea) y en el caso de la marga, perdigón y las tobas puzolánicas, hacia la nave para materiales secos. Una vez dispuestos en la nave de materia prima seca, la marga y el hierro son transportados por bandas hacia las tolvas de almacenaje intermedio para ser dosificado. En el **Anexo 3** se puede apreciar la preparación de materias primas.

Dosificación y molienda de crudo.

La caliza dispuesta en silos, marga y el perdigón, son dosificadas y conducidos juntos hasta la estación de molienda de crudo, donde se trituran y se secan en el molino de bolas horizontal. Aquí se produce la harina que es transportada por medio de elevadores de cangilones a los silos de mezcla u homogeneización (2 por línea), el polvo de arrastre

pasa al separador y se envía al electrofiltro. El material separado se incorpora mediante los sinfines y se envía al precalentador. Una vez verificada la calidad (composición de la mezcla) la harina cruda pasa a los silos de almacenaje por medios neumáticos. En el **Anexo 4** se aprecia la molienda de crudo.

Piroproceso.

La harina cruda es conducida de los silos de almacenaje a la parte superior del precalentador, donde comienza a ponerse en contacto con los gases calientes provenientes de la combustión del petcoke. Luego de ser combinados los óxidos entre sí da lugar a un producto intermedio denominado Clinker, el cual es descargado al enfriador de parrillas para su enfriamiento mediante aire suministrado por varios ventiladores.

Los gases calientes pasan por filtros de mangas. Una vez desempolvados los gases son expulsados al ambiente por la chimenea. Los polvos recuperados se incorporan al proceso con el Clinker seco y frío. Posteriormente el Clinker es transportado por la cadena de arrastre y elevador de cangilones a los silos (2 por línea) de almacenamiento de Clinker. En el **Anexo 5** se aprecia las etapas de piroproceso (clinkerización).

Producción de cemento.

El Clinker extraído mediante extractoras de los silos (con sistema de desempolvado) a la banda donde se dosifica junto con yeso y otros componentes a la mezcla, tales como puzolana, consideradas como adiciones activas, o calizas y se envía a los molinos de cemento para su molienda y la obtención de Cemento Portland Gris.

Para la separación de los gruesos y los finos a la salida del molino se encuentran instalados ciclones separadores, los finos son enviados a las tolvas y de ahí a los silos de cementos mediante bandas transportadoras; la mezcla de gases y polvo generado en los ciclones pasan a un electrofiltro, donde son finalmente separados enviándose los gases a la chimenea y los finos se incorporan a las tolvas nuevamente y de ahí a los silos.

El producto final transportado a silos de almacenaje es posteriormente despachado a granel o en bolsas por medios de transporte automotor o por ferrocarril. Para el llenado de bolsas se cuenta con 3 máquinas ensacadoras. En el **Anexo 6** se muestra la etapa de producción de cemento.

Preparación de combustibles.

El combustible sólido (petcoke), es importado y colocado en el patio de almacenamiento a cielo abierto, se envía mediante banda transportadora hacia las tolvas de recepción, dosificándose para la molienda y secado en un molino vertical de alta eficiencia, este material se deposita en la tolva de finos para la alimentación de combustibles al horno.

En el **Anexo 7** se muestra el diagrama de bloque del proceso productivo de la fábrica de Cementos Cienfuegos S.A. y en el **Anexo 8** se muestra el flujograma del proceso productivo del cemento, dividido en todas sus áreas.

2.2 Descripción del proceso de Molienda de harina cruda

En la empresa existen tres líneas de producción, actualmente solo trabajan la línea 2 y línea 3, las cuales son iguales respecto a equipos, dimensiones y funcionamiento.

La instalación se subdivide en:

- Almacenamiento
- Transporte
- Dosificación
- Pre molienda
- Molienda
- Transporte
- Homogenización
- Almacenamiento

2.2.1 Descripción

Las materias primas como la caliza (proveniente de los silos de almacenamiento), la marga (proveniente de almacenes) y el perdigón (proveniente de almacenes), son dosificadas por sus respectivas dosificadoras 33X BP1, 33X BP3 y 33X BP4, respectivamente, luego son transportadas a la banda de alimentación.

La banda descarga los materiales al molinillo donde comienza el proceso de pre molienda, el material grueso va al molino y los polvos son extraídos por el ventilador exhaustor 36X VE1 al separador del molinillo 33X-SP1. En el molino se da el perfil de fineza, el material molido es extraído por succión de un ventilador exhaustor 36X VE2. El material grueso que sale de los separadores retornan al molino mediante un aerodeslizador 36X-AZ1, los finos van a una batería de ciclones, los gases que salen por el tope de los ciclones recirculan al molino, el material del fondo de los ciclones mediante exclusas se va regulando el flujo a un aerodeslizador 39X-AZ1, los de la batería de ciclones del separador del molino, y a un sinfín 39X-GU1 los de la batería de ciclones del separador del molinillo este material se une en un aerodeslizador 39X-AZ2 que lo transporta al elevador de cangilones 39X-EC1, este material pasa a otro aerodeslizador 39X-AZ3 y mediante selección de una válvula 39X-DA1 se deposita el material para silo 1 o silo 2 de mezcla.

Para comenzar el llenado de un silo de mezcla el Supervisor Integral "A" Crudo coloca las consignas que se quieren lograr de FSC, MS y MA preestablecidos en el DG P 08 A1. Para el control del proceso el software maneja una data de valores de la composición

química y la humedad de las materias primas, la composición química del polvo del electrofiltro y la eficiencia actual de trabajo del mismo, el operador de COP fija las toneladas por hora que se alimentarán al molino y el silo para el que se va a moler, con esa información el software dosificador QCX BlendExpert coloca automáticamente las cantidades requeridas por materias primas. Al cabo de una hora con los resultados de los ensayos químicos realizados a la harina cruda y la cantidad real de material pesada por el dosificador, el sistema actualiza el resultado de la muestra de harina cruda, realizando el cálculo del valor ponderal, y basado en los resultados, el programa calcula la nueva dosificación, para la próxima hora, requerida para lograr las consignas en el silo que se está llenando, y así sucesivamente hasta completar el llenado del silo de mezcla, el operador tiene la opción de pasar el dosificador a manual y colocar las cantidades de cada material a dosificar, esto solo se recomienda cuando se comprueba que con la sugerencia del dosificador no se obtiene el resultado esperado.

Después de llenado el silo de mezcla, se homogeniza durante dos horas, se muestrea en 8vo (fondo del silo) y 9no piso (tope del silo) según procedimiento PC I 01 (Toma de muestras del proceso Producción):

- Si la composición química no se encuentra dentro del rango de cierre establecido, se procede a corregirlo. Para la corrección del silo de mezcla el operador edita el silo, colocando las toneladas de harina en el silo, la composición química de la misma; el operador basado en su experiencia, coloca manualmente la dosificación requerida durante el tiempo requerido, para llevar el silo a valores de consigna.
- Si la composición química se encuentra dentro del rango de cierre establecido se procede a bajar el silo para los silos de almacén mediante válvulas descensiladoras (39X-PT1, PT2, PT3, PT4) correspondiente al silo 1 y (39X-PT5, PT6, PT7, PT8), correspondiente al silo 2.

Existen como sistemas de desempolvado de la instalación filtros de manga en el área de dosificación y transporte de harina, regido por un ventilador de barrido 33X VE1 en dosificación, y 39X-VE1 en tope de los silos de mezcla, encargado de la recuperación e incorporación al producto terminado, de los polvos del sistema, y la no emisión de polvos al medio ambiente.

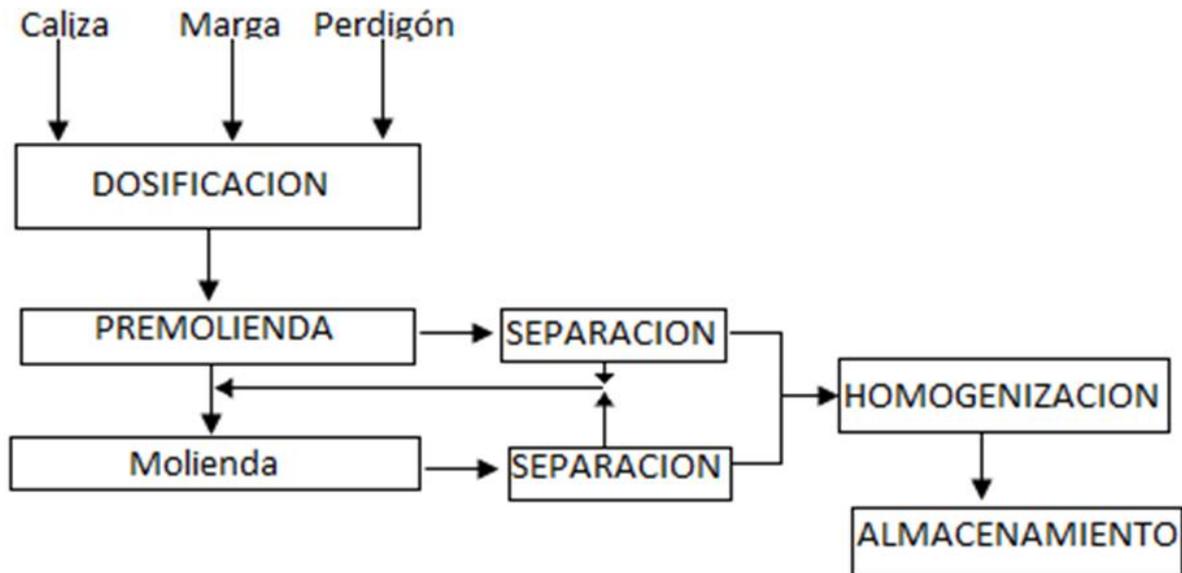


Figura 2.2: Diagrama de bloque de la sección de proceso designada como objeto de evaluación. Fuente: Valladares (2022).

2.2.2 Caracterización de las operaciones unitarias

Operaciones unitarias más importantes del subproceso:

Trituración: disminución del diámetro del material hasta una granulometría de 10-12 mm para formar harina cruda, proceso físico.

Secado: disminuir el nivel de humedad de las materias primas, proceso físico.

Separación: se separa el material fino del grueso para obtener los requisitos de calidad establecidos mediante el porcentaje de abertura de las persianas del separador, proceso físico.

Homogenización: combinación de la materia prima para formar una mezcla neumática.

2.3 Análisis de los métodos más utilizados para el cálculo y balance de capacidades productivas

Estudios de balance de carga y capacidad.

En la investigación bibliográfica desarrollada sobre el tema de cálculo y balance de capacidades productivas, se detectaron varios métodos y procedimientos. Estos difieren en el objetivo a alcanzar, el tipo de producción, las tecnologías de producción, los flujos productivos y la disposición especial de las fábricas. Estos elementos condicionan la decisión a tomar en relación al método de cálculo y balance de capacidades productivas.

Resumen de los métodos utilizados para cálculo y balance de capacidades.

1. Cálculo de capacidades en procesos repetitivos. (Marsán.J et al., 2008)

Según (Marsán.J et al., 2008) en puestos de trabajo especializados, en producciones masivas y grandes series, en trabajos muy repetitivos, por lo general las capacidades se expresan en unidades físicas por período de tiempo y para ello se pueden tomar

como base las normas de producción y de tiempo establecidas, siempre que las mismas reflejen realmente las posibilidades máximas de producción, es decir que estén técnicamente argumentadas y actualizadas y reflejen la verdadera potencialidad de los equipos y(o) los hombres, de lo contrario sería necesario hacer nuevas mediciones de tiempo.

En el caso de actividades de servicios donde el trabajo tenga cierta repetitividad, las normas de servicio establecidas permitirán conocer la cantidad de clientes o de máquinas que se pueden atender simultánea o sucesivamente en cierto período de tiempo.

Este autor agrega que pueden utilizarse dos enfoques básicos para balancear procesos de estas características, a saber:

Balanceo del proceso según el punto limitante.

En este caso deben seguirse las siguientes etapas de trabajo.

- Realizar el diagrama de análisis o sinóptico del proceso (OTIDA u OPERIN), según el caso.
- Calcular el fondo de tiempo disponible de equipos (FT_i) y de trabajadores (FTT_i), diferenciando las áreas o actividades si fuera necesario.
- Calcular las capacidades reales unitarias de los equipos (Cr_i) y la de los trabajadores (Crt_i) de cada actividad.
- Calcular las capacidades totales de cada una de las actividades con equipos (CT_i).
- Determinar el cuello de botella y la capacidad total del proceso (CT_p).
- Determinar la carga (QT_i) que llega a cada actividad del proceso.
- Determinar el número de equipos (Ne_i) necesarios en cada actividad y el aprovechamiento de las capacidades instaladas.
- Determinar el número de trabajadores necesarios en cada actividad del proceso (NT_i) y el aprovechamiento de la jornada laboral planificada en las actividades manuales.

El segundo enfoque es **el balance según la demanda** pudieran seguirse los siguientes pasos:

- Realizar el diagrama de análisis o sinóptico del proceso (OTIDA u OPERIN), según en caso.

- Calcular el fondo de tiempo disponible de equipos (FT_i) y de trabajadores (FTT_i), diferenciando las áreas o actividades si fuera necesario.
- Calcular las capacidades reales unitarias de los equipos (Cr_i) y la de los trabajadores (Crt_i) de cada actividad.
- Determinar la carga (QT_i) que llega a cada actividad del proceso partiendo de la demanda.
- Determinar el número de equipos (Ne_i) necesarios en cada actividad del proceso, y el aprovechamiento de las capacidades instaladas.
- Determinar el número de trabajadores necesarios en cada actividad del proceso (NT_i) y el aprovechamiento de la jornada laboral planificada en las actividades manuales.

Combinando ambos procedimientos se puede realizar un balance que refleje las capacidades existentes y su utilización de acuerdo a la demanda:

- Realizar el diagrama de análisis o sinóptico del proceso (OTIDA u OPERIN), según el caso.
 - Calcular el fondo de tiempo disponible de equipos (FT_i) y de trabajadores (FTT_i), diferenciando las áreas o actividades si fuera necesario.
 - Calcular las capacidades reales unitarias de los equipos (Cr_i) y la de los trabajadores (Crt_i) de cada actividad.
 - Calcular las capacidades totales de cada una de las actividades con equipos (CT_i).
 - Determinar el cuello de botella y la capacidad total del proceso (CTp).
 - Determinar la carga (QT_i) que llegará a cada actividad del proceso de acuerdo a la demanda y compararla con la capacidad total (CT_i) para determinar si es posible asumirla.
 - Determinar el número de equipos (Ne_i) necesarios en cada actividad del proceso, así como el % de utilización comparándolo con los equipos existentes.
 - Determinar el número de trabajadores (NT_i) necesarios en cada actividad del proceso y el % de utilización de la jornada laboral planificada.
2. **Cálculo de capacidades en procesos con tipo de producción seriada y unitaria.** (Marsán.J et al., 2008)

En este tipo de producción la capacidad de producción no se puede hallar para un solo tipo de producto pues no tiene porqué ser igual para el resto de los productos, sobre todo porque los tiempos de elaboración por unidad del producto serán diferentes y con ello variará la capacidad expresada en unidades producidas.

Por tanto, en las operaciones donde se elaboren variedad de productos, pero cuyas características sean similares y por ello los tiempos de ejecución sean iguales, se podrán tratar como si fueran producciones masivas y grandes series. Tal es el caso de procesos de la industria farmacéutica, la industria de jabonería y perfumería, etc.

Sin embargo, en la industria mecánica y en talleres de reparación y mantenimiento de diversa índole, entre otros, los diferentes productos deberán pasar por los mismos equipos y los tiempos de ejecución serán completamente diferentes. En este caso la determinación del número de equipos se hallará expresando la carga y la capacidad en unidades de tiempo.

Uno de los métodos utilizados para el cálculo de capacidades en estas condiciones de producción, es el método del representante tipo.

Determinación de la capacidad del proceso por el producto representativo.

Este método requiere de un análisis tecnológico para reducir todos los tipos de productos a elaborar a un solo producto representativo. Dicha representatividad se puede seleccionar por varios criterios tales como:

- El producto que pase por la mayor cantidad de operaciones.
- El producto de mayor volumen de producción.
- El producto que más caracterice a la producción del proceso.
- El producto de mayor valor de la producción.
- El producto que conlleve mayor cantidad de equipos y(o) trabajadores.

Estos criterios de selección pueden también aplicarse a diversidad de servicios con vistas a determinar la capacidad del mismo.

Una vez decidido el producto representativo, como segundo paso se determinará cual será la complejidad de cada producto respecto al producto representativo, desde el punto de vista de su elaboración.

El criterio fundamental para decidir cuanto más o menos complejo es cada producto será el tiempo de elaboración de cada uno con respecto al representativo. Estos tiempos pueden obtenerse preferentemente de las normas existentes, en caso contrario pudiera ser por registros históricos o por criterio de los tecnólogos o por personal bien calificado y(o) experimentado.

La complejidad de cada artículo será un valor numérico no dimensional mayor que cero y se determinará dividiendo el tiempo de ejecución de cada producto entre el tiempo de

ejecución del producto representativo en la actividad limitante del proceso, según la siguiente expresión.

$$Fc_j = \frac{Nt_j}{Nt_R}$$

Donde:

Fc_j = Factor de complejidad del producto j .

Nt_R = Norma de tiempo del producto representativo.

Nt_j = Norma de tiempo del producto j .

Con este método del producto representativo, para hacer el balance según el punto limitante, que es el más utilizado en organización del trabajo, se realizarán todos los pasos establecidos antes, hasta determinar el cuello de botella, haciendo todos los cálculos de capacidades con el producto representativo.

Posteriormente se hallará la equivalencia o cantidad que se puede hacer de cada uno del resto de los productos dividiendo la capacidad del producto representativo en la actividad limitante entre el factor de complejidad de cada producto en dicha actividad.

Utilización de la modelación matemática para realizar el balance.

Este método permite la determinación de la capacidad óptima de producción de todos los artículos simultáneamente. Es mucho más exacto que el anterior y permite determinar la cantidad de productos de cada tipo que se deben producir simultáneamente en determinado período de tiempo, para lograr utilizar eficientemente las capacidades.

Consiste en la aplicación de un modelo de programación entera cuyas ecuaciones reflejan la base de todo el balance del proceso.

Para conocer la combinación de las cantidades de productos que se pueden producir en determinado período de tiempo (día, semana, mes, año), con vistas a lograr la máxima utilización posible de los equipos, se puede aplicar el siguiente Modelo Económico-Matemático de Programación Entera.

$$a_{11}X_1 + a_{12}X_2 + a_{13}X_3 + \dots + a_{1n}X_n \leq b_1$$

$$a_{21}X_1 + a_{22}X_2 + a_{23}X_3 + \dots + a_{2n}X_n \leq b_2$$

$$\begin{matrix} \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \end{matrix}$$

$$a_{m1}X_1 + a_{m2}X_2 + a_{m3}X_3 + \dots + a_{mn}X_n \leq b_m$$

Donde:

a_{ij} : Horas de trabajo necesarias para la fabricación de una unidad de producto j en el grupo de equipos i .

X_j : Cantidad de productos j a fabricar en un período dado.

b_j : Capacidad total de producción del grupo de equipos i en un período de tiempo dado.

$i = 1, 2, 3, \dots, m$ grupos de equipos.

$j = 1, 2, 3, \dots, n$ tipos de productos.

La función objetivo en este caso sería maximizar el volumen de producción:

$$\sum X_i \rightarrow \text{Máx}$$

Las restricciones son:

$$X_i \geq Q_i$$

$$X_i \geq 0 \text{ y entera.}$$

Donde:

Q_i : Es la demanda del producto j en el período.

La función objetivo puede ser maximizar el volumen de producción y las restricciones pueden estar relacionadas con la cantidad de productos de cada tipo, como puede ser que las mismas no sean mayores o menores que el plan.

La solución del modelo se realizará mediante software como por ejemplo el Arena o el Winqsb.

3. Balance de líneas de montaje.

(Marsán.J et al., 2008), agregan un método más al balance de proceso. Según estos autores, uno de los procesos en los que más necesidad existe de la aplicación del balance es en el caso de las líneas de montaje, por los requerimientos de un trabajo sincronizado entre distintos puestos de trabajo, y por la dificultad de lograrlo, dada la incidencia de la actividad del operario en ello.

Aunque en la actualidad muchos trabajos de ensamblaje se encuentran automatizados, no siempre es posible lograrlo pues los movimientos necesarios para el montaje de piezas y conjuntos de piezas no es fácilmente transferible a simples movimientos alternativos y de rotación. Además, son conocidas las condiciones económicas de la automatización, impuestas por el requerimiento de una alta masividad de la producción. Desde el punto de vista tecnológico, montaje o ensamblaje es el proceso de unión física de diferentes partes componentes de un producto. No necesariamente cada unidad del producto ha de elaborarse en un mismo puesto de trabajo; precisamente se ha partido

del supuesto de la posibilidad de división del trabajo en una línea de montaje, la cual se define como la sucesión de puestos de trabajo ubicados con el objetivo de ensamblar un producto. De este modo, el producto se obtendrá como resultado de la adición sucesiva de sus partes o componentes.

La función de la organización del trabajo consiste en analizar el contenido de trabajo de cada puesto, o sea, cuáles y cuántas operaciones de trabajo realizará cada puesto. Esta asignación presupone que el producto consumirá en cada puesto una determinada cantidad de tiempo, cuya magnitud estará en dependencia de la duración de todas las operaciones de trabajo que en él se ejecutan; a este subtotal se denomina tiempo del puesto de trabajo.

Se dice que la línea esta balanceada cuando los tiempos de ejecución son iguales en todas las estaciones o puestos de trabajo.

Pueden darse varios casos de balanceo de líneas, dados por las diferentes condiciones en que se trabaja, por ejemplo, debido a la cantidad de productos a fabricar en la línea. En los casos del montaje de varios tipos o modelos de un producto las operaciones son comunes a todos, por lo que los puestos de trabajo de la línea pueden ser los mismos para todos, pero el tiempo de cada operación puede diferir para cada modelo. Además, el plan de producción puede ser diferente para cada tipo de modelo. Ejemplos de esto se encuentran en las confecciones textiles, en la elaboración de calzado, entre otros.

En los casos de montaje de productos con diferentes diseños, la situación se torna más compleja, ya que, aunque pueden tener similitud en su proceso tecnológico, no siempre las operaciones coinciden, pudiendo ser diferente también su secuencia. El tiempo de las operaciones también será diferente para cada producto.

En estos casos los puestos de trabajo pueden ser los mismos para todos los productos, aunque sin dudas variará su diseño al variar las operaciones que se realicen en cada uno. Hay situaciones en que se hace muy difícil compatibilizar estas variables y resulta imposible balancear una línea para una gama de productos; entonces se opta por una solución que sea muy flexible, con elementos constructivos intercambiables, para permitir cambios en los puestos, su secuencia, sus dimensiones, etc.

Estos autores proponen un método para acometer los trabajos de balanceo de líneas.

1. Recopilación de la información necesaria:

- Descripción de las operaciones del producto.
- Secuencia posible de las operaciones para obtener el producto, no tiene que ser necesariamente la existente, deben analizarse detalladamente las variantes.
- Los tiempos tecnológicos de cada una de las operaciones.

- La lista actual de operaciones por cada puesto de trabajo.
 - Las normas de tiempo implantadas.
 - La cantidad de trabajadores requeridos tecnológicamente en cada operación y su categoría ocupacional.
 - El volumen de producción de cada producto.
 - Régimen de trabajo previsto en la línea.
2. Determinación del ciclo de tiempo de cada producto por la expresión 5.20.
 3. Comprobación de la preparación de la línea para cumplir el ciclo. Si es positivo concluye el balance, en caso contrario continúa.
 4. Determinación del número de puestos necesarios mediante la expresión 5.21.
 5. Asignación de operaciones a cada puesto. En este paso se pueden aplicar métodos de modelación con la ayuda de sistemas computarizados que permiten simular infinidad de soluciones.
 6. Conciliar los resultados del paso anterior con las posibilidades económicas y sociales existentes en la industria objeto de estudio.

Para Salazar (2019), el balance de línea es un método de gran importancia para controlar la producción, debido a que, si se logra un correcto equilibrio de la línea de producción, se podrá optimizar otras variables que influyen en la productividad, por ejemplo: el inventario de piezas por procesar, el tiempo promedio de procesamiento y los despachos parciales de piezas terminadas.

Otro enfoque del balance de línea es el método de restricciones. El modelo está basado en el desarrollo de los 5 pasos de la teoría de restricciones (TOC): identificar la restricción, explotar la restricción, subordinar todo a la restricción, elevar la restricción y verificar si existe una nueva restricción. Una vez identificada la restricción, se procede a explotarla con la aplicación de acciones de mejora, tales como la detección y eliminación de mudas, y con la aplicación de la metodología 5S hasta lograr una capacidad de producción acorde con la demanda.

4. **Aplicación de la simulación al balance de procesos de producción.** (Marsán.J et al., 2008)

Es común en procesos de transformación física y química que determinadas operaciones contemplen un tiempo de estancia simultánea de varios productos en el equipo en que se ejecuta. Esto sucede en aquellos equipos que tienen capacidad para procesar más de un producto simultáneamente, como son los casos de los hornos, autoclaves, equipos de secado y de maduración, neveras, pasteurizadoras, frigoríficos, tachos, entre otros.

En estos casos se produce una ruptura o detenimiento temporal del proceso que tiene consecuencias directas en la capacidad del proceso y que por tanto debe hacerse un análisis particular. Este análisis es aún más importante cuando en un proceso coinciden varios equipos de este tipo como es el caso de las fundiciones, la producción de azúcar, la fabricación de acumuladores, la elaboración de algunos alimentos, entre otros.

También existen procesos donde se imponen restricciones tecnológicas que deben cumplirse para garantizar la correcta elaboración del producto, como puede ser el caso de que no deba transcurrir más tiempo del establecido entre la conclusión de una operación y el inicio de la siguiente o de otra posterior ya que puede influir en la capacidad de los equipos del proceso. En estos casos también se deben realizar análisis detallados que permitan comprobar el cumplimiento de las restricciones.

Las técnicas hasta ahora estudiadas no satisfacen plenamente el análisis de las condiciones antes explicadas por lo que es necesario el empleo de otras técnicas como son el empleo de gráficos Gantt y(o) la Simulación por métodos matemáticos, que permitan simular lo que sucede en el proceso en determinado periodo de tiempo y con ello poder determinar realmente su capacidad.

5. Procedimiento aplicado en Cementos Cienfuegos para la determinación de la capacidad de producción. (Bonachea, 2019).

El procedimiento tiene un enfoque de carácter cuantitativo y cualitativo con el objetivo de planificar la capacidad de producción de la Empresa Cementos Cienfuegos S.A. para establecer su plan de producción y ventas en el corto, mediano y largo plazos. Está constituido por cuatro etapas y de diecisiete pasos, donde se combinan el uso de la pronosticación, el cálculo de las capacidades productivas y el empleo del método de escenarios, razón de ser de la prospectiva estratégica.

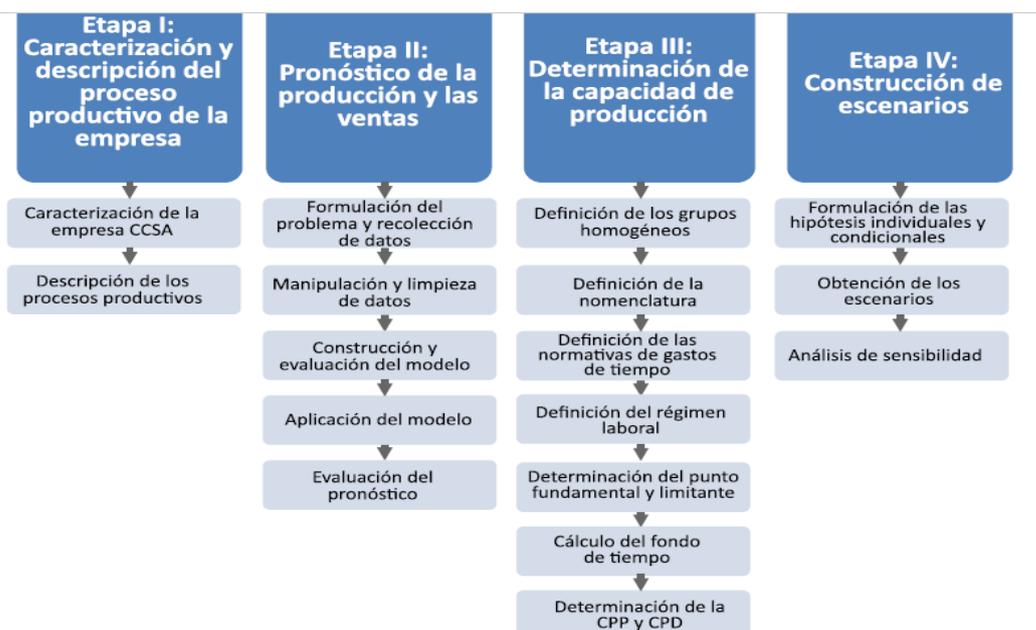


Figura 2.3: Procedimiento para la determinación de la capacidad de producción en la Empresa Cementos Cienfuegos S.A. Fuente: Bonachea (2020).

La Etapa I se conforma de dos pasos, en el primero se realizó una caracterización general de la empresa objeto de estudio y en el segundo se realizó una descripción general del proceso productivo, lo cual es esencial para el cálculo de las capacidades. En la Etapa II, se definieron cinco pasos para la elaboración del pronóstico de la producción las ventas, los que incluyeron la formulación y recolección de los datos, su manipulación y limpieza, la construcción y evaluación de los modelos utilizados, su aplicación y la evaluación del pronóstico. Un aspecto determinante en esta fase es la elección y fundamentación de los pronósticos.

En la Etapa III se utilizó la metodología expuesta por Acevedo et al. (1996), citada, analizada y enriquecida por Pozo et al. (2020), la que constituyó la base para el cálculo de la capacidad de producción. Esta metodología se adecuó a las características del proceso productivo de la Empresa Cementos Cienfuegos S.A.

La Etapa IV se comprende en tres pasos: la formulación de las hipótesis individuales y condicionales (paso 1) para la obtención de los escenarios (paso 2) y el análisis de sensibilidad (paso 3).

Justificación del método a utilizar.

De todos los métodos y procedimiento para el cálculo y balance de capacidades descritos, se decide finalmente utilizar en la investigación, el método para el balanceo según el punto limitante. Este método se utiliza en procesos que trabajan en condiciones de producciones masivas o grandes series, ya sea con flujos continuos (sincronizados o no), o discontinuos y preferiblemente en líneas de producción. Se utiliza, además, cuando el objetivo es el cálculo de capacidades, a partir de identificar el cuello de botella del proceso y determinar la carga que llegará a cada actividad del proceso de acuerdo a la demanda. El proceso de producción de cemento reúne todas las características descritas.

Conclusiones parciales del capítulo

1. El proceso de producción de cemento por vía seca, aplicado en la fábrica de cementos objeto de estudio, tiene las características de ser un proceso masivo, derivado de una producción en masa, cuyos surtidos principales son el Clinker y el cemento a granel o en bolsa.
2. Estos productos pueden fabricarse y comercializarse individualmente. El proceso está organizado espacialmente en una línea de producción. La línea se subdivide en varios subprocessos cuyos flujos difieren en su organización. Unos

flujos son continuos sincronizados, como la cocción y otros son discontinuos como la molienda de cemento y la expedición.

3. Los métodos para el cálculo y balance de capacidades productivas dependen en lo fundamental del objetivo que se persiga, del tipo de producción, del diseño del flujo productivo y de la disposición especial del proceso.
4. Se selecciona para este trabajo de investigación el método de cálculo de capacidades para producciones en masa, que considera el punto limitante del proceso. Su fundamento es que se necesita conocer la capacidad real de la planta, a los efectos de calcular los recursos necesarios (fuerza de trabajo, equipamiento y áreas de trabajo), para dar respuesta a las necesidades productivas de la planta.



Capítulo III

Capítulo III: Aplicación del método para la determinación de las capacidades productivas

En el presente capítulo se calculan y presentan los resultados obtenidos de la aplicación del método para el balanceo del proceso según el punto limitante, el cual fue expuesto en el apartado anterior. El método se aplica para determinar la cantidad de recursos productivos que se necesitan para satisfacer las necesidades de los clientes.

3.1 Aplicación del método balanceo del proceso según el punto limitante en el subproceso Molienda de harina cruda

Paso 1: Registro del proceso.

El subproceso de Molienda de harina cruda se caracteriza por ser continuo, automatizado en las operaciones principales y mecanizado en sus operaciones auxiliares. Consta de 3 líneas de producción, pero actualmente se encuentran trabajando solo 2 de ellas. El mismo se constituye de 14 actividades, de las cuales 7 resultan ser operaciones, 3 transportes y 4 almacenamientos temporales. Para describir de manera detallada dicho subproceso se elabora el diagrama de flujo estándar, el cual se muestra en la Figura 3.1.

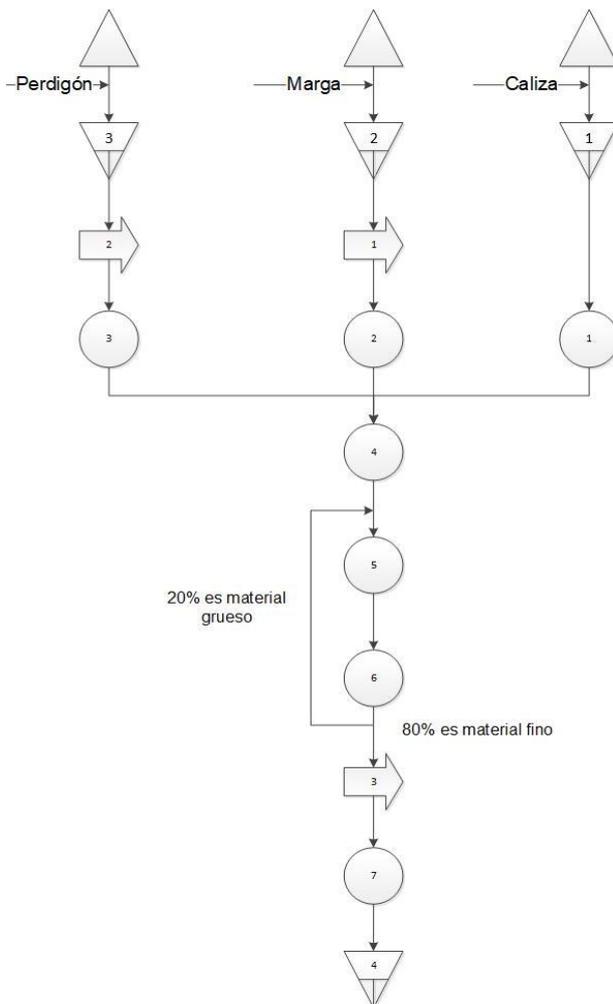
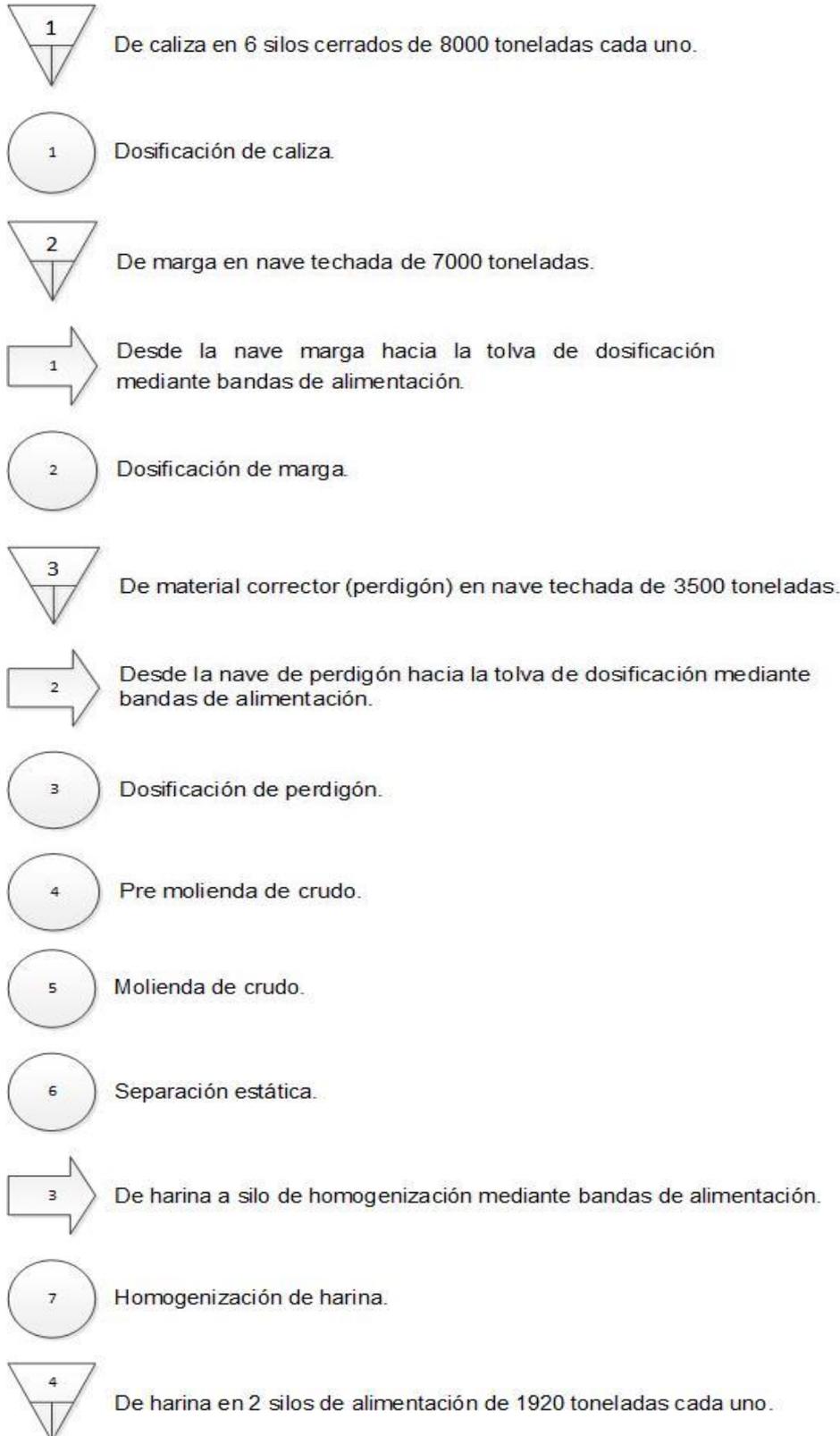


Figura 3.1: Diagrama de flujo estándar del subproceso. Fuente: Elaboración propia.

Leyenda



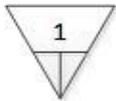
Paso 2: Determinación del fondo de tiempo.

La empresa Cementos Cienfuegos S.A presenta un régimen de trabajo y descanso continuo, es decir, trabaja 365 días al año, en dos turnos de 12 horas cada uno, dedicando 24 días al año al mantenimiento programado.

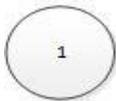
En el subproceso analizado el fondo de tiempo total es de 24 horas al día, en dos turnos de 12 horas cada uno, debido a la situación energética actualmente se encuentra trabajando un total de 19,5 horas al día, por lo que el porcentaje de aprovechamiento de la jornada laboral es de 81,25 %.

Paso 3: Cálculo de capacidad unitaria por actividad.

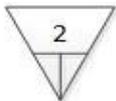
En este paso se procede a realizar el cálculo de las capacidades unitarias para cada una de las actividades, los cuales fueron aportados por la empresa debido a que dichos datos vienen por diseño del equipamiento.



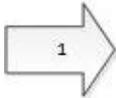
La capacidad de diseño de cada silo es de 8000 toneladas y consta de 6 silos.



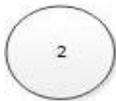
$Cu = 130 \text{ toneladas/hora} = 2535 \text{ toneladas/día}$



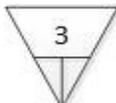
La capacidad de diseño de la nave es de 7000 toneladas



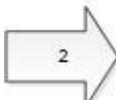
$Cu = 80 \text{ toneladas/hora} = 1560 \text{ toneladas/día}$



$Cu = 80 \text{ toneladas/hora} = 1560 \text{ toneladas/día}$



La capacidad de diseño de la nave es de 3500 toneladas.



$Cu = 12 \text{ toneladas/hora} = 234 \text{ toneladas/día}$



$Cu = 12 \text{ toneladas/hora} = 234 \text{ toneladas/día}$



$Cu = 222 \text{ toneladas/hora} = 4329 \text{ toneladas/día}$

5 $Cu = 222 \text{ toneladas/hora} = 4329 \text{ toneladas/día}$

6 $Cu = 222 \text{ toneladas/hora} = 4329 \text{ toneladas/día}$

3 $Cu = 280 \text{ toneladas/hora} = 5460 \text{ toneladas/día}$

7 $Cu = 1440 \text{ toneladas/hora} = 28080 \text{ toneladas/día}$

4 La capacidad de diseño de cada silo es de 1920 toneladas y consta de 2 silos.

Paso 4: Cálculo de capacidades totales.

En este paso se realiza el cálculo de las capacidades totales de cada operación teniendo en cuenta la cantidad o los recursos productivos disponibles por cada uno, mediante la expresión $CT_i = Cu_i \cdot Ne_i$, donde:

Cu: capacidad unitaria obtenida en el paso anterior.

Ne: número de equipos.

1 $CT_i = Cu_i \times Ne_i = 8000 \text{ toneladas} \times 6 \text{ silos} = 48000 \text{ toneladas}$

1 $CT_i = Cu_i \times Ne_i = 2535 \text{ toneladas} \times 1 \text{ equipo} = 2535 \text{ toneladas/día}$

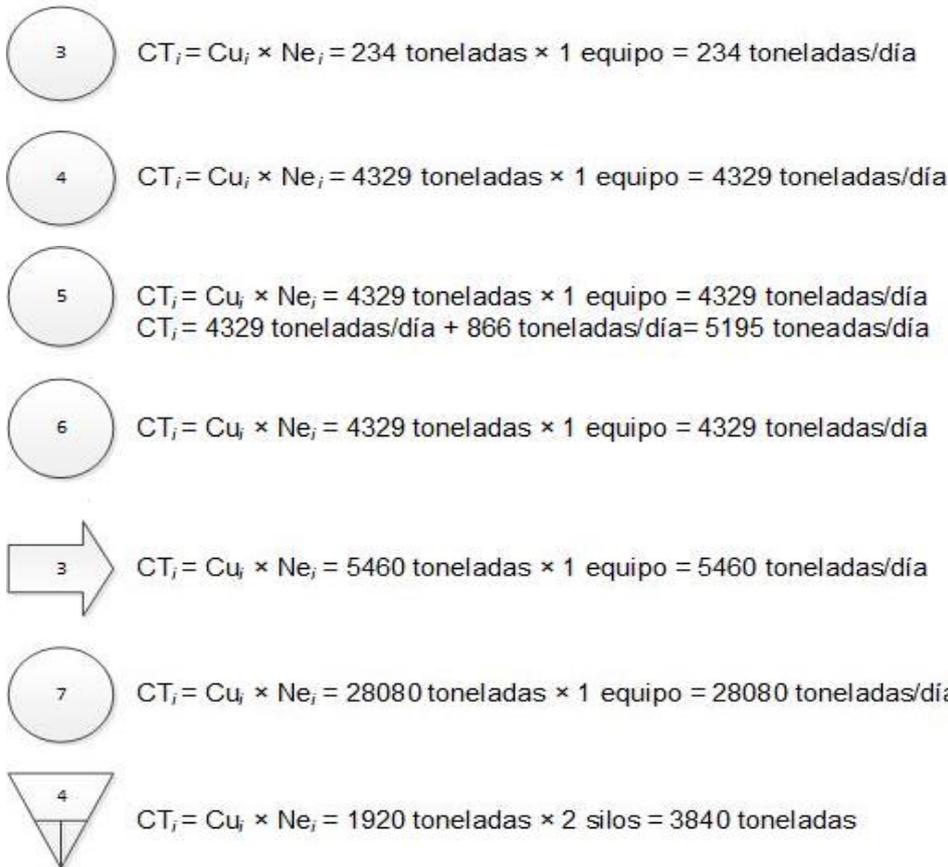
2 $CT_i = Cu_i \times Ne_i = 7000 \text{ toneladas} \times 1 \text{ nave} = 7000 \text{ toneladas}$

1 $CT_i = Cu_i \times Ne_i = 1560 \text{ toneladas} \times 1 \text{ equipo} = 1560 \text{ toneladas/día}$

2 $CT_i = Cu_i \times Ne_i = 1560 \text{ toneladas} \times 1 \text{ equipo} = 1560 \text{ toneladas/día}$

3 $CT_i = Cu_i \times Ne_i = 3500 \text{ toneladas} \times 1 \text{ nave} = 3500 \text{ toneladas}$

2 $CT_i = Cu_i \times Ne_i = 234 \text{ toneladas} \times 1 \text{ equipo} = 234 \text{ toneladas/día}$

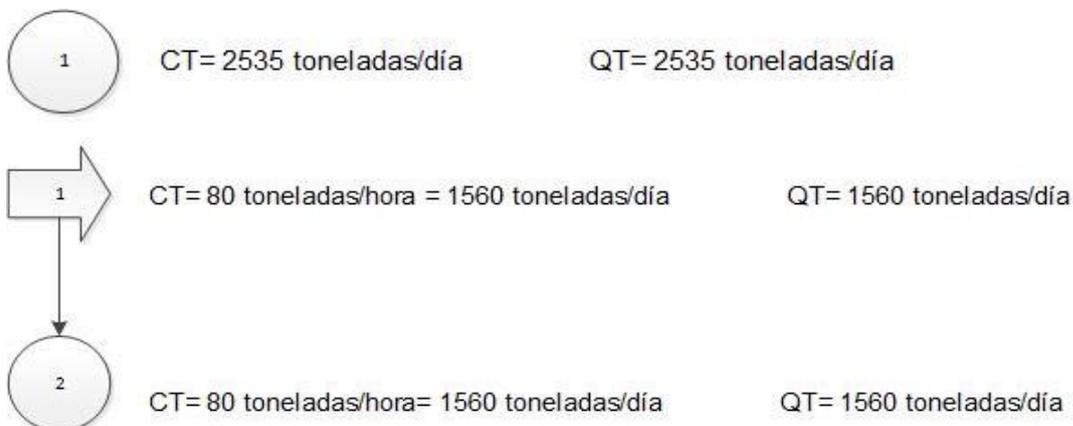


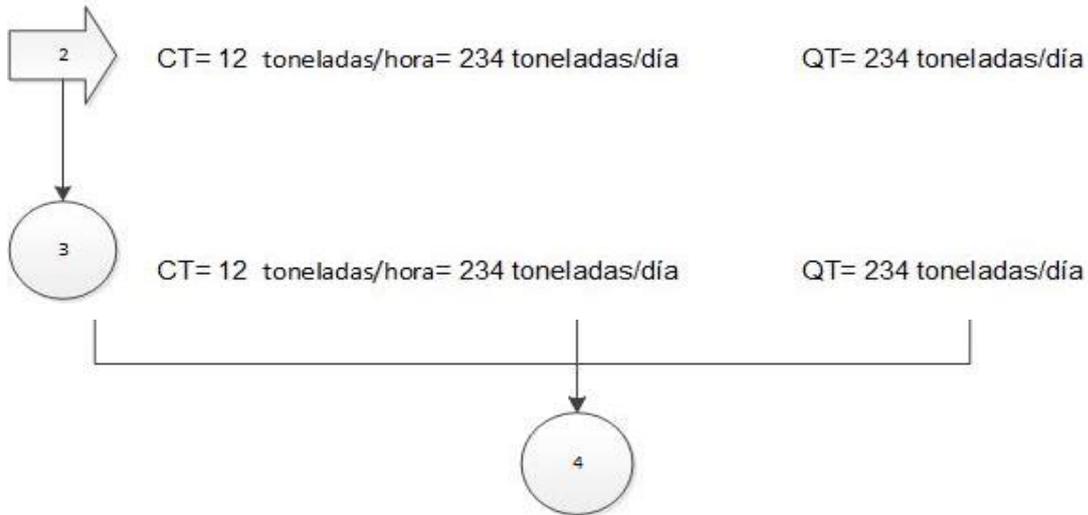
Paso 5: Determinación del cuello de botella.

En este paso corresponde hallar la capacidad limitante del proceso o cuello de botella, para lo cual se analizan las capacidades totales de las operaciones: pre molienda, molienda, separación estática, debido a que constituyen las de menor eficiencia. La pre molienda constituye la operación cuello de botella del subproceso debido a que la misma define la carga de las siguientes operaciones.

Paso 6: Asignación de carga.

Para determinar la carga que llega a cada actividad del proceso se parte de la capacidad total del proceso encontrada en el anterior paso y se balancea el proceso de abajo hacia arriba.





CT= 2535 toneladas/día + 1560 toneladas/día + 234 toneladas/día= 4329 toneladas/día
 QT= 4329 toneladas/día



Como resultado de este paso, se puede plantear que el subproceso Molienda de harina cruda entrega a cocción 4329 toneladas al día.

3.2 Aplicación del método balanceo del proceso según el punto limitante en el subproceso de Clinkerización (Horno)

Paso 1: Registro del proceso.

El subproceso de Clinkerización (Horno) se caracteriza por ser continuo, consta de 3 líneas de producción, pero actualmente se encuentran trabajando solo 1 de ellas. El mismo se constituye de 6 actividades, de las cuales 4 resultan ser operaciones, un transporte y un almacenamiento temporal. Para describir de manera detallada dicho subproceso se elabora el diagrama de flujo estándar, el cual se muestra en la Figura 3.2.

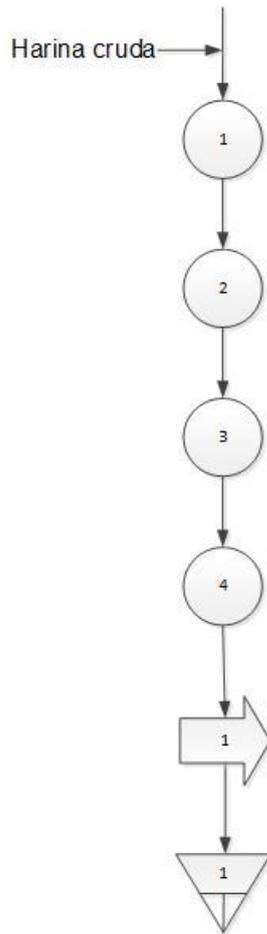


Figura 3.2: Diagrama de flujo estándar del subproceso. Fuente: Elaboración propia.

Leyenda



Calentamiento del crudo a 350°C



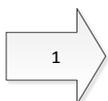
Pre calentamiento del crudo desde 920°C hasta 1100°C



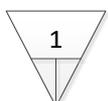
Producción del Clinker en el horno a 1200°C aproximadamente



Enfriamiento del Clinker mediante 9 ventiladores a 140°C



De Clinker hacia los silos de almacenamiento



De Clinker en 6 silos de 8500 toneladas

Paso 2: Determinación del fondo de tiempo.

La empresa Cementos Cienfuegos S.A presenta un régimen de trabajo y descanso continuo, es decir, trabaja 365 días al año, en dos turnos de 12 horas cada uno, dedicando 24 días al año al mantenimiento programado.

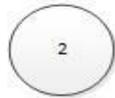
En el subproceso analizado el fondo de tiempo total es de 24 horas al día, en dos turnos de 12 horas cada uno, por lo que el porcentaje de aprovechamiento de la jornada laboral es del 100%.

Paso 3: Cálculo de capacidad unitaria por actividad.

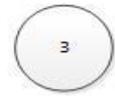
En este paso se procede a realizar el cálculo de las capacidades unitarias para cada una de las actividades, los cuales fueron aportados por la empresa debido a que dichos datos vienen por diseño del equipamiento.



Cu=180 toneladas/hora= 4320 toneladas/día



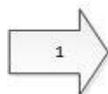
Cu=180 toneladas/hora= 4320 toneladas/día



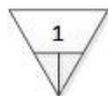
Cu=180 toneladas/hora= 4320 toneladas/día



Cu=180 toneladas/hora= 4320 toneladas/día y consta de 9 ventiladores



Cu=180 toneladas/hora= 4320 toneladas/día



La capacidad de diseño de cada silo es de 8500 toneladas y consta de 6 silos

Paso 4: Cálculo de capacidades totales.

En este paso se realiza el cálculo de las capacidades totales de cada operación teniendo en cuenta la cantidad o los recursos productivos disponibles por cada uno, mediante la expresión $CT_i = Cu_i \cdot Ne_i$, donde:

Cu: capacidad unitaria obtenida en el paso anterior.

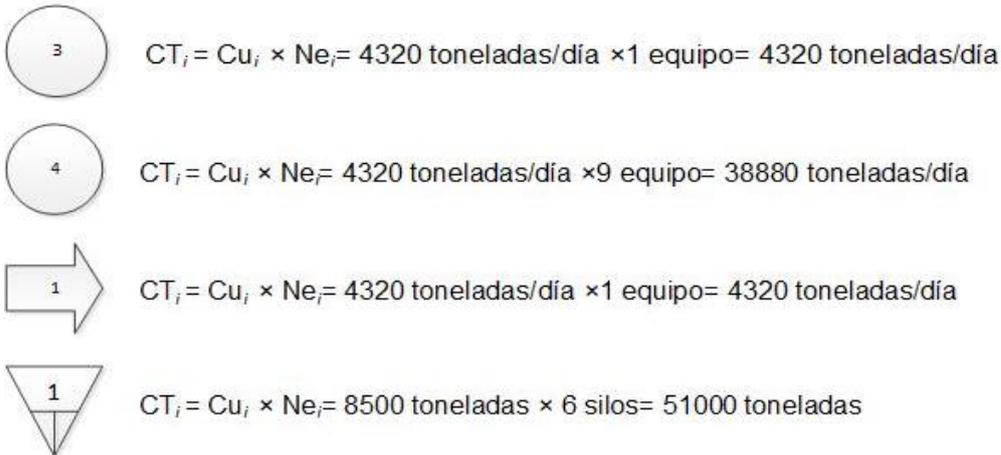
Ne: número de equipos.



$CT_i = Cu_i \times Ne_i = 4320 \text{ toneladas/día} \times 1 \text{ equipo} = 4320 \text{ toneladas/día}$



$CT_i = Cu_i \times Ne_i = 4320 \text{ toneladas/día} \times 1 \text{ equipo} = 4320 \text{ toneladas/día}$



Paso 6: Asignación de carga.

Para determinar la carga que llega a cada actividad del proceso se parte de la capacidad total del proceso encontrada en el anterior paso y se balancea el proceso de abajo hacia arriba.



Como resultado de este paso, se puede plantear que el subproceso de Clinkerización entrega a Molienda de cemento 4320 toneladas al día.

3.3 Aplicación del método balanceo del proceso según el punto limitante en el subproceso Molienda de cemento

Paso 1: Registro del proceso.

El subproceso de Molienda de cemento se caracteriza por ser continuo, consta de 3 líneas de producción, pero actualmente se encuentran trabajando solo 2 de ellas. El mismo se constituye de 15 actividades, de las cuales 6 resultan ser operaciones, 4 transportes, 4 almacenamientos temporales y una inspección. Para describir de manera

detallada dicho subproceso se elabora el diagrama de flujo estándar, el cual se muestra en la Figura 3.3.

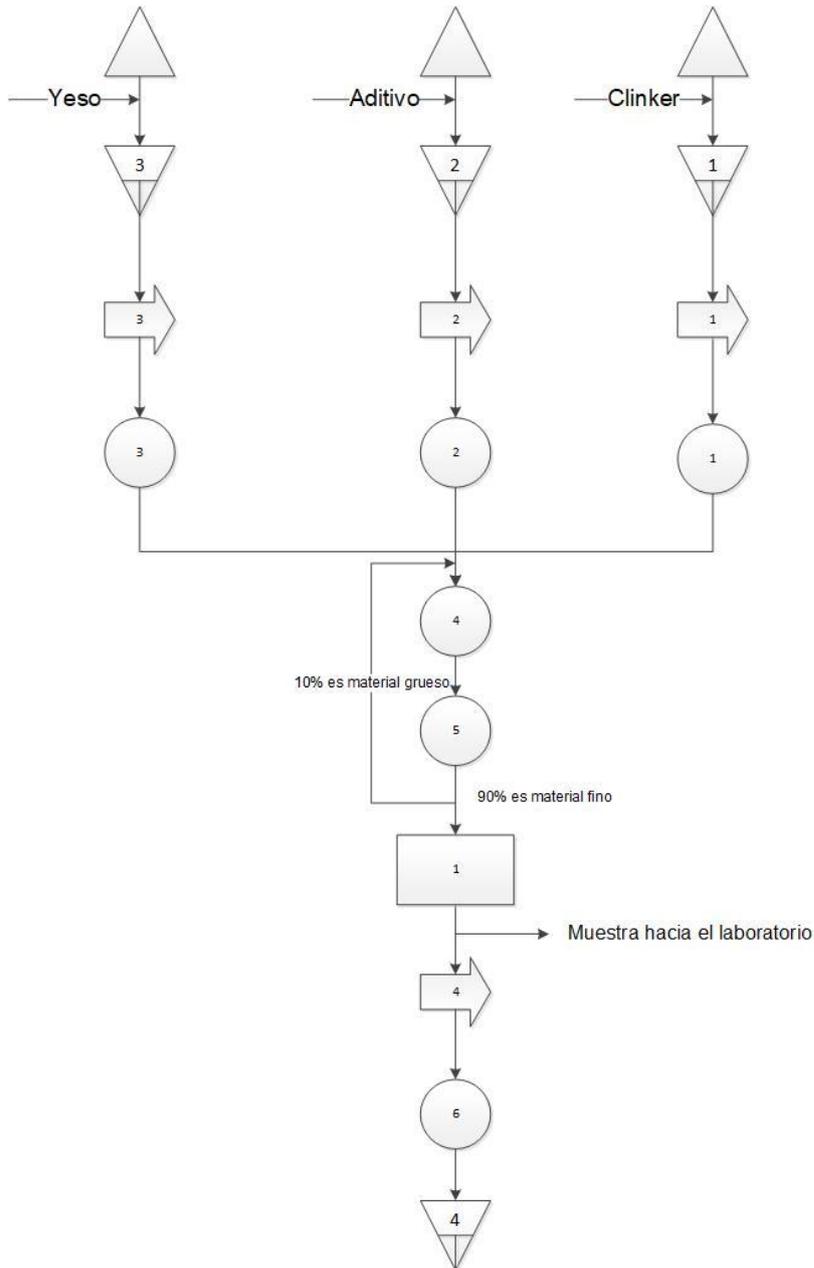
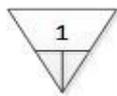
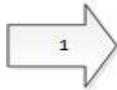


Figura 3.3: Diagrama de flujo estándar del subproceso. Fuente: Elaboración propia.

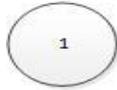
Leyenda



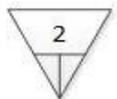
De Clinker en silo de 5000 toneladas



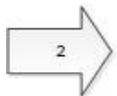
De Clinker desde silo hacia tolva dosificadora de Clinker mediante bandas transportadoras de 560 metros



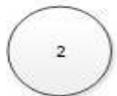
Dosificación de Clinker



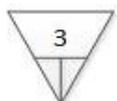
De Clinker en silo de 700 toneladas



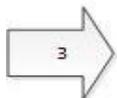
De aditivo desde nave hacia tolva dosificadora de aditivo mediante bandas transportadoras de 560 metros



Dosificación de aditivo



De Clinker en silo de 700 toneladas



De yeso desde nave hacia tolva dosificadora de yeso mediante bandas transportadoras de 560 metros



Dosificación de yeso



Molienda de Clinker, aditivo y yeso



Separación dinámica



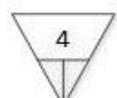
Toma de muestra que se lleva al laboratorio



De cemento desde desempolvado hacia silos mediante bandas transportadoras de 550 metros



Desempolvado en electrofiltro y filtro de manga



De cemento en 7 silos de 5500 toneladas cada uno

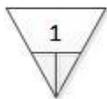
Paso 2: Determinación del fondo de tiempo.

La empresa Cementos Cienfuegos S.A presenta un régimen de trabajo y descanso continuo, es decir, trabaja 365 días al año, en dos turnos de 12 horas cada uno, dedicando 24 días al año al mantenimiento programado.

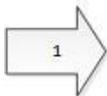
En el subproceso analizado el fondo de tiempo total es de 24 horas al día, en dos turnos de 12 horas cada uno, debido a la situación energética actualmente se encuentra trabajando un total de 19,5 horas al día, por lo que el porcentaje de aprovechamiento de la jornada laboral es de 81,25 %.

Paso 3: Cálculo de capacidad unitaria por actividad.

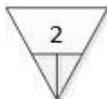
En este paso se procede a realizar el cálculo de las capacidades unitarias para cada una de las actividades, los cuales fueron aportados por la empresa debido a que dichos datos vienen por diseño del equipamiento.



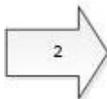
La capacidad de diseño del silo es de 5000 toneladas



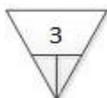
$C_u = 90 \text{ toneladas/hora} = 1755 \text{ toneladas/día}$



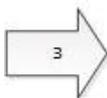
La capacidad de diseño de la nave es de 700 toneladas



$C_u = 30 \text{ toneladas/hora} = 585 \text{ toneladas/día}$



La capacidad de diseño del silo es de 700 toneladas



$C_u = 5 \text{ toneladas/hora} = 97,5 \text{ toneladas/día}$

Para el cemento P 35



$C_u = 90 \text{ toneladas/hora} = 1755 \text{ toneladas/día}$

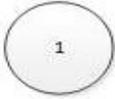


$C_u = 5 \text{ toneladas/hora} = 97,5 \text{ toneladas/día}$

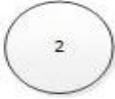


$C_u = 5 \text{ toneladas/hora} = 97,5 \text{ toneladas/día}$

Para el cemento PP 35



Cu= 78 toneladas/hora = 1521 toneladas/día

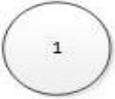


Cu= 17 toneladas/hora = 331,5 toneladas/día



Cu= 5 toneladas/hora = 97,5 toneladas/día

Para el cemento PZ 25



Cu= 65 toneladas/hora = 1267,5 toneladas/día



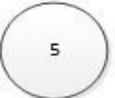
Cu= 30 toneladas/hora = 585 toneladas/día



Cu= 5 toneladas/hora = 97,5 toneladas/día



Cu= 100 toneladas/hora + 10 toneladas/hora= 110 toneladas/hora
Cu= 2145 toneladas/día



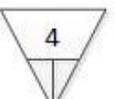
Cu= 110 toneladas/hora = 2145 toneladas/día



Cu= 110 toneladas/hora = 2145 toneladas/día



Cu= 110 toneladas/hora = 2145 toneladas/día



La capacidad de diseño de cada silo es de 5500 toneladas y consta de 7 silos

Paso 4: Cálculo de capacidades totales.

En este paso se realiza el cálculo de las capacidades totales de cada operación teniendo en cuenta la cantidad o los recursos productivos disponibles por cada uno, mediante la expresión $CT_i = Cu_i \cdot Ne_i$, donde:

Cu: capacidad unitaria obtenida en el paso anterior.

Ne: número de equipos.

1 $CT_i = Cu_i \times Ne_i = 5000 \text{ toneladas} \times 1 \text{ silo} = 5000 \text{ toneladas}$

1 $CT_i = Cu_i \times Ne_i = 1755 \text{ toneladas/día} \times 1 \text{ equipo} = 1755 \text{ toneladas/día}$

2 $CT_i = Cu_i \times Ne_i = 700 \text{ toneladas} \times 1 \text{ nave} = 700 \text{ toneladas}$

2 $CT_i = Cu_i \times Ne_i = 585 \text{ toneladas/día} \times 1 \text{ equipo} = 585 \text{ toneladas/día}$

3 $CT_i = Cu_i \times Ne_i = 700 \text{ toneladas} \times 1 \text{ silo} = 700 \text{ toneladas}$

3 $CT_i = Cu_i \times Ne_i = 97,5 \text{ toneladas/día} \times 1 \text{ equipo} = 97,5 \text{ toneladas/día}$

Para el cemento P 35

1 $CT_i = Cu_i \times Ne_i = 1755 \text{ toneladas/día} \times 1 \text{ equipo} = 1755 \text{ toneladas/día}$

2 $CT_i = Cu_i \times Ne_i = 97,5 \text{ toneladas/día} \times 1 \text{ equipo} = 97,5 \text{ toneladas/día}$

3 $CT_i = Cu_i \times Ne_i = 97,5 \text{ toneladas/día} \times 1 \text{ equipo} = 97,5 \text{ toneladas/día}$

Para el cemento PP 35

1 $CT_i = Cu_i \times Ne_i = 1521 \text{ toneladas/día} \times 1 \text{ equipo} = 1521 \text{ toneladas/día}$

2 $CT_i = Cu_i \times Ne_i = 331,5 \text{ toneladas/día} \times 1 \text{ equipo} = 331,5 \text{ toneladas/día}$

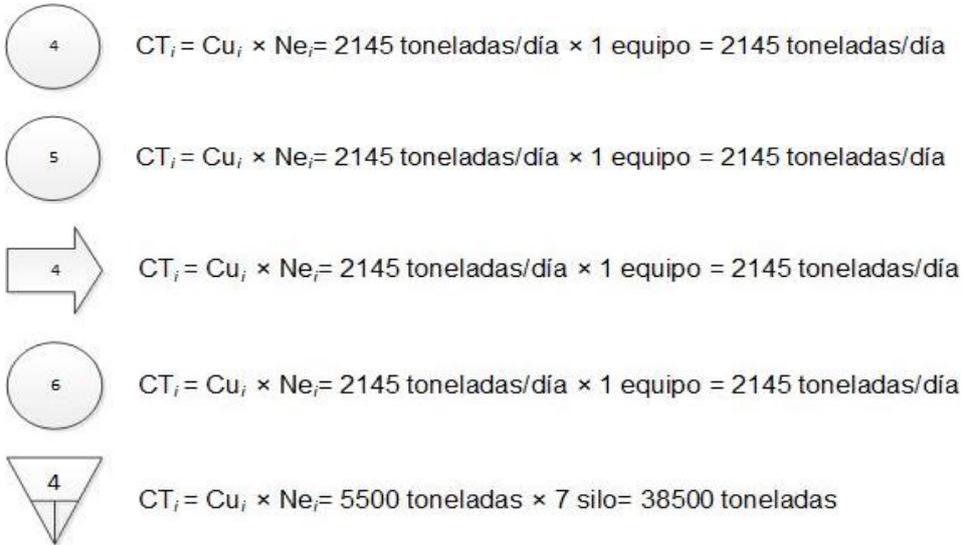
3 $CT_i = Cu_i \times Ne_i = 97,5 \text{ toneladas/día} \times 1 \text{ equipo} = 97,5 \text{ toneladas/día}$

Para el cemento PZ 25

1 $CT_i = Cu_i \times Ne_i = 1267,5 \text{ toneladas/día} \times 1 \text{ equipo} = 1267,5 \text{ toneladas/día}$

2 $CT_i = Cu_i \times Ne_i = 585 \text{ toneladas/día} \times 1 \text{ equipo} = 585 \text{ toneladas/día}$

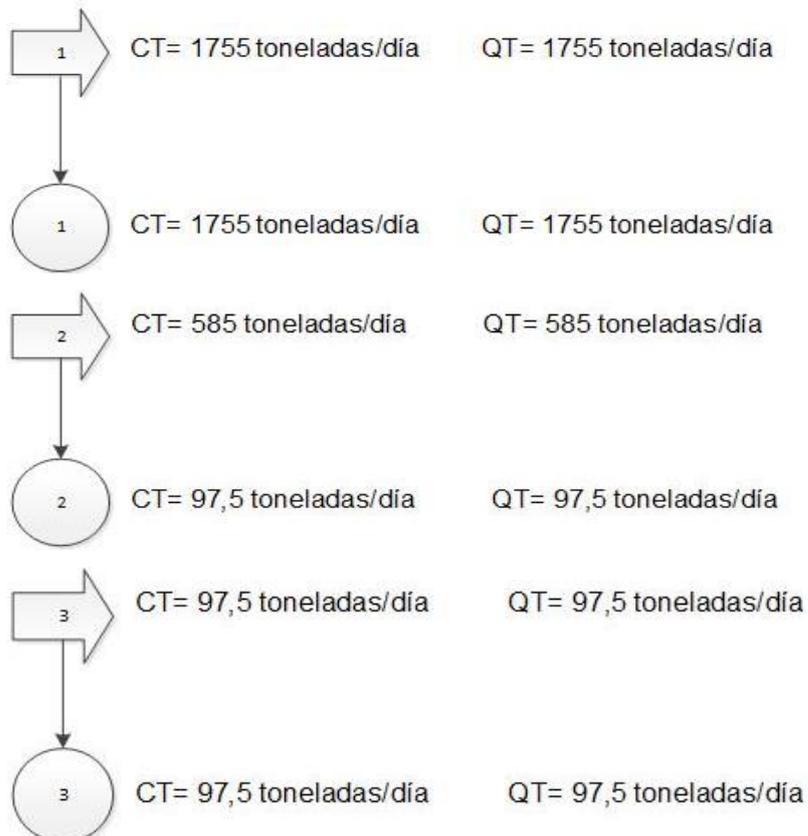
3 $CT_i = Cu_i \times Ne_i = 97,5 \text{ toneladas/día} \times 1 \text{ equipo} = 97,5 \text{ toneladas/día}$



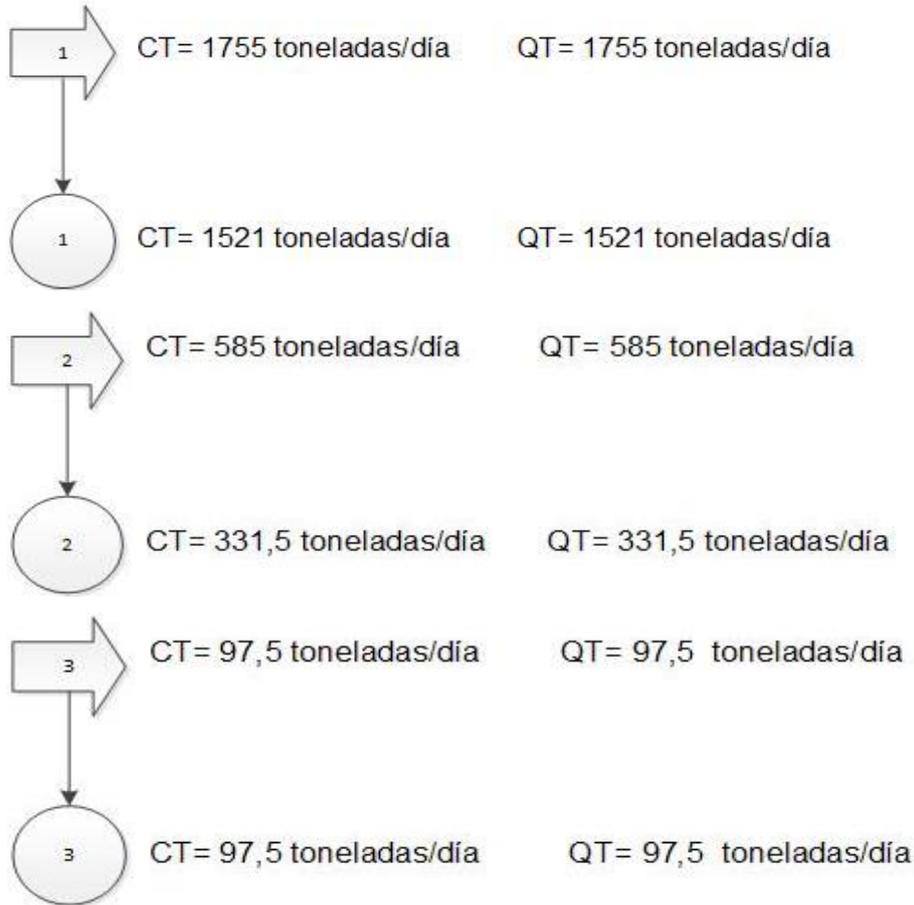
Paso 5: Asignación de carga.

Para determinar la carga que llega a cada actividad del proceso se parte de la capacidad total del proceso encontrada en el anterior paso y se balancea el proceso de abajo hacia arriba.

Para el cemento P 35

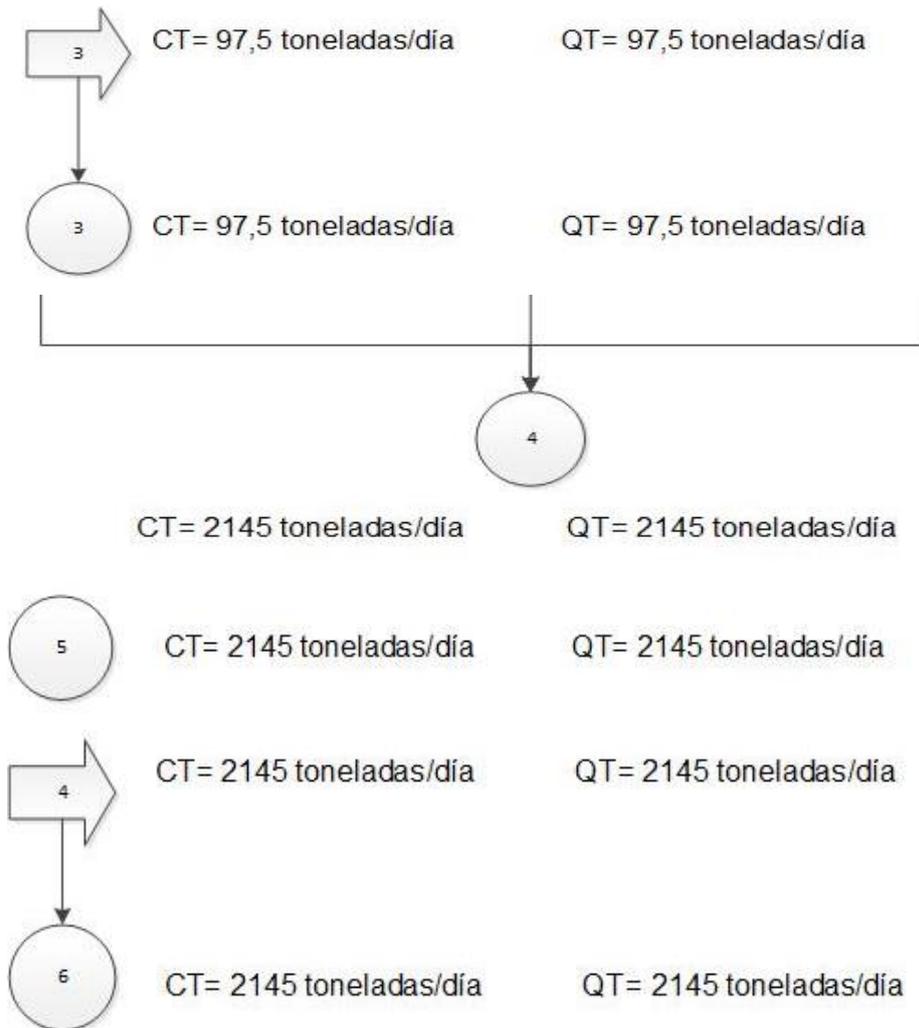


Para el cemento PP 35



Para el cemento PZ 25





Como resultado de este paso, se puede plantear que el subproceso Molienda de cemento tiene una producción de 2145 toneladas al día.

Conclusiones parciales del capítulo

1. Se realiza la aplicación del método de balance de capacidades productivas en el subproceso de Molienda de harina cruda que considera el punto limitante. Este subproceso es continuo, automatizado en las operaciones principales y mecanizado en sus operaciones auxiliares.
2. Según los recursos productivos disponibles en el subproceso Molienda de harina cruda que incluye maquinaria, áreas de trabajo, almacenes, fuerza de trabajo y el régimen de trabajo y descanso establecido, la capacidad diaria de producción de la línea es de 4329 toneladas/día.
3. La capacidad de producción de la línea en el subproceso Molienda de harina cruda, la determina la operación de pre molienda, la cual constituye el cuello de botella según el método utilizado.



Conclusiones Generales

Conclusiones generales

Luego de efectuada la presente investigación se llegó a las conclusiones siguientes:

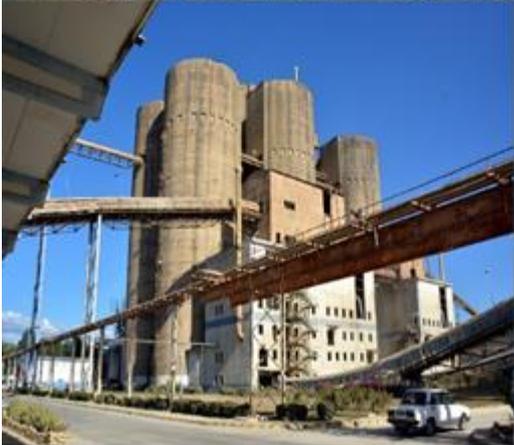
1. La revisión bibliográfica que da lugar a la realización de la investigación refleja la importancia de efectuar estudios sobre capacidades productivas en las empresas, para lo cual existen diversas herramientas, seleccionando el método de balances que considera el punto limitante para la ejecución del estudio.
2. Se realiza una caracterización de la empresa Cementos Cienfuegos, del proceso de producción y del subproceso de Molienda de harina cruda, para lo cual se tiene en cuenta las principales actividades que forman parte del mismo, el equipamiento, la fuerza de trabajo empleada, el régimen de trabajo y descanso, entre otros.
3. Los resultados obtenidos con la aplicación del método seleccionado permiten reconocer a la pre molienda como el proceso menos eficiente dentro del subprocesos Molienda de harina cruda, al entregar a cocción 4329 toneladas al día de harina cruda.
4. Resulta necesario el conocimiento y la determinación del punto limitante, así como de los niveles de eficiencia en la capacidad de producción de la Empresa Cementos Cienfuegos S.A. para la toma de decisiones por parte de la misma.



Recomendaciones

Recomendaciones

1. Establecer un régimen de trabajo y descanso efectivo que tenga en cuenta todos los factores de capacidad (obsolescencia tecnológica, la utilización de fuerza de trabajo, interrupciones producidas por mantenimiento y averías) y otros aspectos externos como flujo energético y fenómenos naturales.
2. Ajustar la plantilla necesaria considerando normas de servicio realistas.
3. Expandir la aplicación del método a los demás procesos existentes de la empresa objeto de estudio y otras empresas de la provincia.
4. Reconocer los resultados obtenidos en la presente investigación como información reveladora para perfeccionar la gestión y desempeño de la Empresa Cementos Cienfuegos S.A.



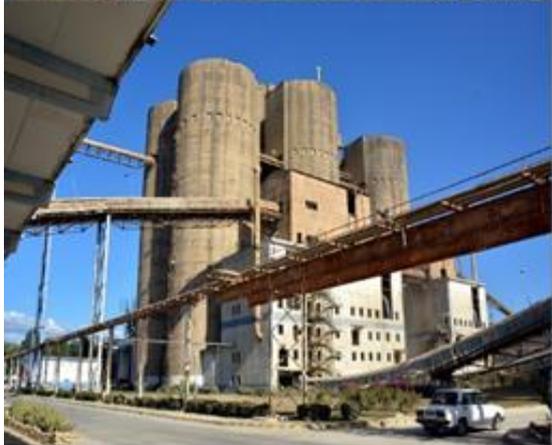
Bibliografía

Bibliografía

1. Acevedo-Suárez, J. A., Amaro-Martínez, D., & Amaro-Martínez, D. (2019). La integración de las finanzas al flujo logístico. Aplicación: Proceso de alimentación. *Ingeniería Industrial*, 40(1), 97-108.
2. Acevedo-Suárez, J. A., Sablón-Cossíol, N., Medina-León, A., Acevedo-Urquiaga IV, A. J., & López-Joy IV, T. (2013). Consideraciones sobre la planificación de productos alimenticios en una cadena de suministro comercial. *Ingeniería Industrial*, 34(3), 353-362.
3. Acevedo-Suárez, J. A., Tristán-Arbesú, G., & Gómez-Acosta, M. I. (2020). La empresa estatal industrial cubana y la actualización del Modelo Económico Cubano. *Ingeniería Industrial*, 41(3).
4. Acuña-Parada, S. Y., Madieto-Bautista, E., & Ortiz-Pimiento, N. R. (2013). Modelo de programación lineal binaria para el balance de carga de trabajo en el problema de asignación de proyectos. *Ingeniería y Universidad*, 17(1), 167-181.
5. Aquilano, N. J., & Chase, R. B. (1995). *Dirección y Administración de la Producción y de las Operaciones*.
6. Augerat, P., Belenguer, J.-M., Benavent, E., Corbéran, A., & Naddef, D. (1998). Separating capacity constraints in the CVRP using tabu search. *European Journal of Operational Research*, 106(2-3), 546-557.
7. Becerra.FE, Bonachea.JL, & Becerra. FA. (s. f.). PLANIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA CEMENTOS CIENFUEGOS S.A.
8. Bonachea.JL. (2019). La planificación de la capacidad productiva anual y el mantenimiento en Cementos Cienfuegos S.A. Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez.
9. chase 2000 capacidad de produccion—Google Académico. (s. f.). Recuperado 19 de octubre de 2022, de https://scholar.google.es/scholar?q=chase+++2000+capacidad+de+produccion&hl=es&as_sdt=0,5#
10. Dominguez, -Machuca, Álvarez, J., Domínguez, M. A., García, S., & Ruiz, A. (1995). *Dirección de operaciones*. McGraw-Hill México.
11. Enguíanos, A. M. (2009). *Diccionario de contabilidad, auditoría y control de gestión* (Vol. 3). Ecobook.
12. Escandón.LA. (2019). Estrategia de comercialización para los cementos mezclados en la UEB ECOCEM Cienfuegos. Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez.

13. Estevez-Torres, A., Megna-Alicio, A., Jardines-Rivas, R. E., Parra-García, I. C., León-Parra, E., & Jimenez-Silva, G. (2021). Propuesta de un procedimiento para la planeación de las capacidades de producción de una empresa. *Ingeniería Industrial*, 40, 61-73.
14. Forgia, G. M. L. (1986). Recent Work in Cuban Studies. *Cuban Studies*, 265-296.
15. Garrido Gonzalo, M. del P. (2014). Cemex: Mejora del desempeño ambiental por medio de mecanismos de desarrollo limpios. CEMEX. www.cemex.com/ES/DesarrolloSustentable/InformesGlobales.aspx#2006
16. González Jordán, B. (1990). El cálculo de la capacidad de producción en la industria. *Economía y Desarrollo*, 114(1), 58-73.
17. Jordán, D. R. (2017). Progresividad y capacidad redistributiva del IVA e impuestos especiales en el período 2007-2015. *Papeles de Economía Española*, 154, 200-215.
18. Kalenatic, D., Bello, C. A. L., & Rodríguez, L. J. G. (2009). Modelo de ampliación de la capacidad productiva. *Ingeniería*, 14(2), 67-77.
19. KALENATIC, D., & BLANCO RIVERO, L. E. (1993). Análisis y programación de capacidades de los medios de trabajo. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
20. León.M. (2019). Plan de Negocios para la producción de cementos aditivados en la empresa Cementos Cienfuegos S.A. Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez.
21. López.Y. (2014). Estudio de los procesos de trituración de clinker y cemento en los molinos de bolas de la Empresa Cemento Cienfuegos S.A. Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez.
22. Marsán Castellanos, J. (1987). Otros. (1987). La organización del trabajo. Tomo I. Editorial. ISPJAE. Ciudad de la Habana.
23. Marsán.J, Cuesta.A, García.C, & Padilla.C. (2008). Organización del trabajo Ingeniería de métodos (Vol. 1). Felix Varela.
24. Montaguano Montaguano, O. P., & Toctaguano Viracucha, M. A. (2009). Metodología para el balance de cargas en las cámaras de transformación subterránea del sistema de distribución de la empresa eléctrica Ambato SA, según las normas Iso 9001-2000, aplicadas a cinco cámaras.
25. Palacios Cívico, J. C. (2013). Crecimiento del sector productivo cubano. Análisis de sus determinantes y restricciones estructurales.
26. Parada Gutiérrez, Ó. (2009). Un enfoque multicriterio para la toma de decisiones en la gestión de inventarios. *Cuadernos de administración*, 22(38), 169-187.

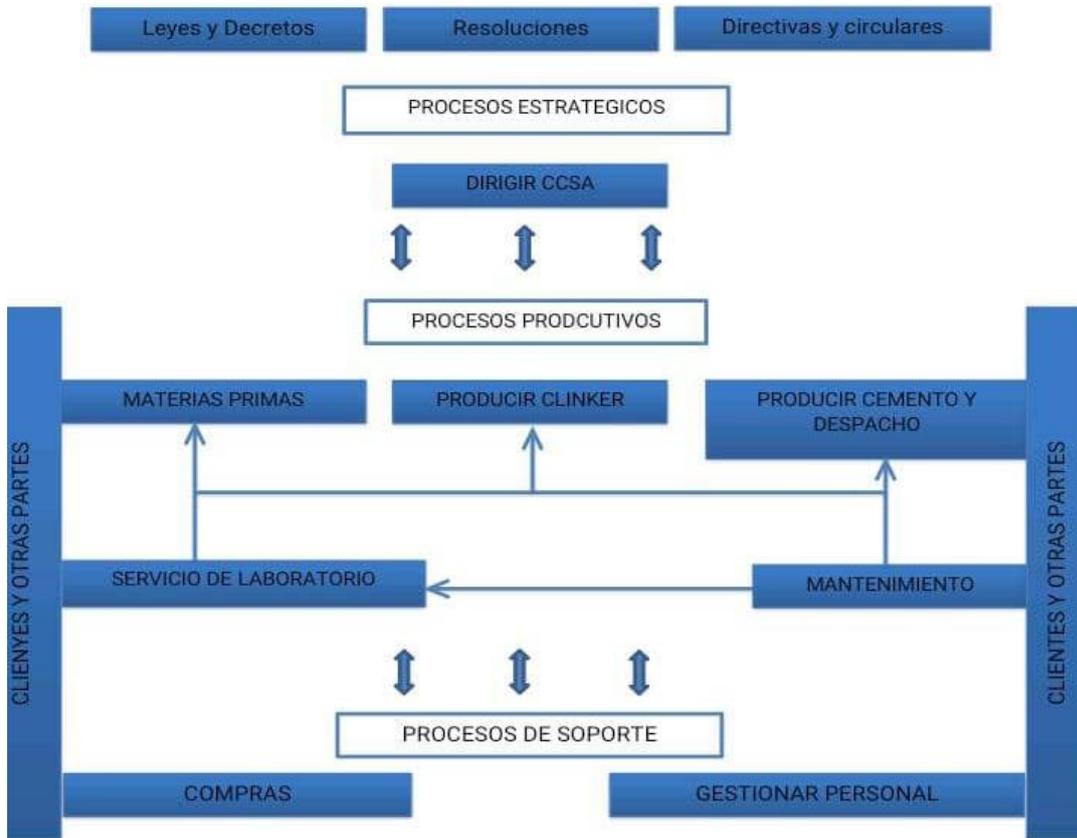
27. Pérez.JL. (2021). Valoración técnica, económica y ambiental del uso de aceites usados como combustibles alternos en Cementos Cienfuegos S.A. Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez.
28. Reyes-Vasquez, J. P., Aldas-Salazar, D. S., Morales-Perrazo, L. A., & García-Carrillo, M. G. (2016). Evaluación de la capacidad para montaje en la industria manufacturera de calzado. *Ingeniería industrial*, 37(1), 14-23.
29. Sablón-Cossío, N., Acevedo-Urquiaga, A. J., Acevedo-Suárez, J. A., & Urquiaga-Rodríguez, A. J. (2021). A model with a collaborative approach for the operational management of the supply chain. *International Journal of Industrial Engineering and Management*, 12(1), 49.
30. Salazar, B. (16 de junio de 2019). Balanceo de línea. Recuperado de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/produccion/balanceo-de-linea/>.
31. Sarmiento Lepesqueur, A. (2014). Estudio del problema de ruteo de vehículos con balance de carga: Aplicación de la meta-heurística Búsqueda Tabú. [Master's Thesis]. Universidad de la Sabana.
32. Suárez, J. A. A., Cossío, N. S., Flores, J. L. M., & Urquiaga, A. J. A. (2017a). El plan de negocio conjunto, herramienta que facilita la planificación colaborativa en la cadena de suministro. *Revista UNIANDÉS Episteme*, 4(1), 117-134.
33. Suárez, J. A. A., Cossío, N. S., Flores, J. L. M., & Urquiaga, A. J. A. (2017b). El plan de negocio conjunto, herramienta que facilita la planificación colaborativa en la cadena de suministro. *Revista UNIANDÉS Episteme*, 4(1), 117-134.
34. Suárez, J. A. A., Douglas García Gómez, & García, M. C. (2020). Principales deficiencias en los almacenes de medicamentos e insumos médicos en entidades hospitalarias. Casos de estudio en Sancti Spíritus, Cuba. *Correo Científico Médico*, 24(4).
35. Torres, L., & Urquiaga, A. J. (2007). Fundamentos teóricos sobre gestión de producción. Félix Varela, La Habana.
36. Urquiaga Rodríguez, A. J., & TORRES CABRERA, L. (2007). Fundamentos teóricos sobre Gestión de la Producción. Ed. Félix Varela, La Habana.
37. Valladares.D, Alonso.LD, & Ramírez.Y. (2022). Identificación del proceso productivo de la fabricación de Harina cruda en Cementos Cienfuegos s.a. Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez.



Anexos

Anexos

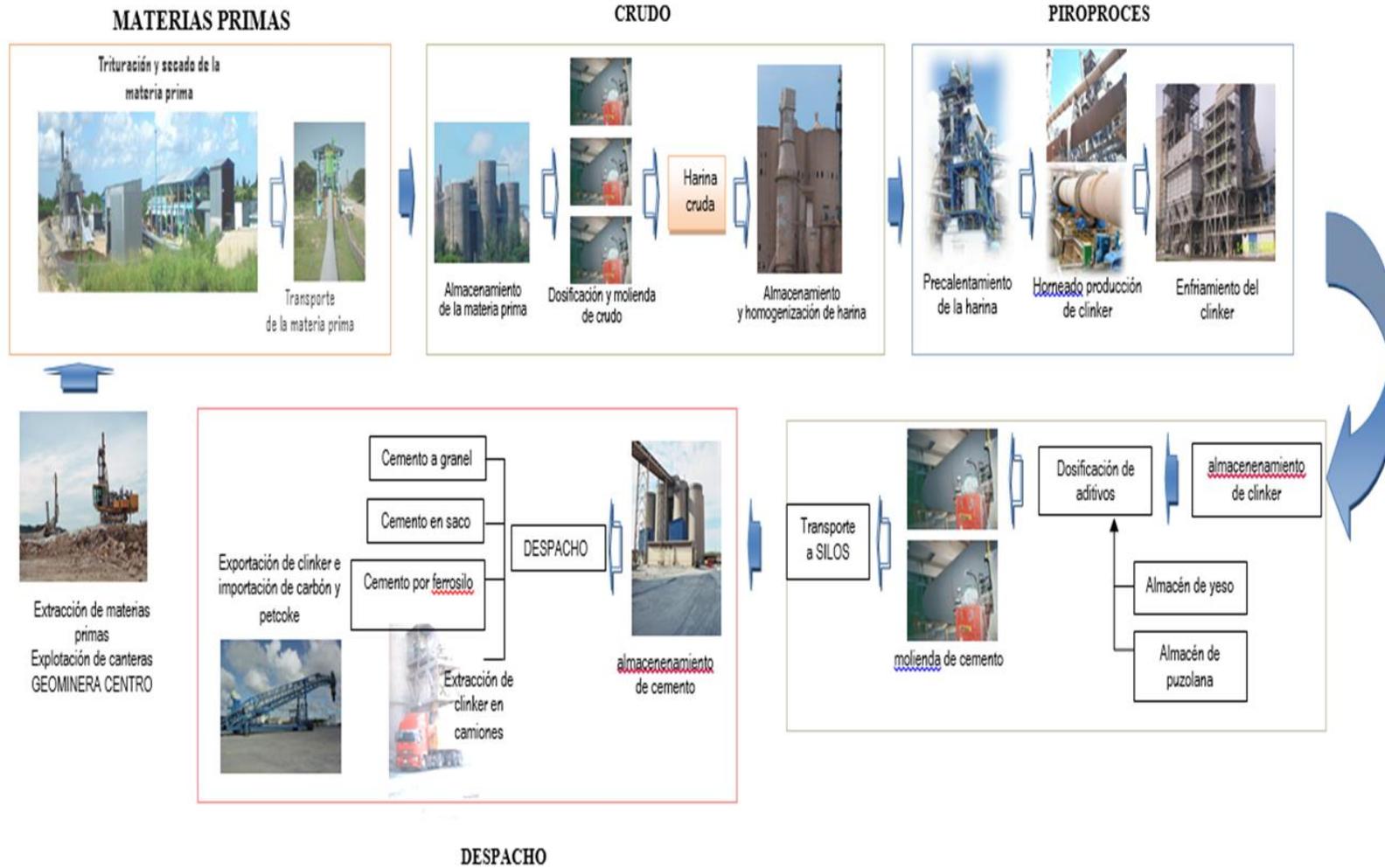
Anexo 1: Mapa de procesos de la Empresa Cemento Cienfuegos SA. Fuente: SIG.



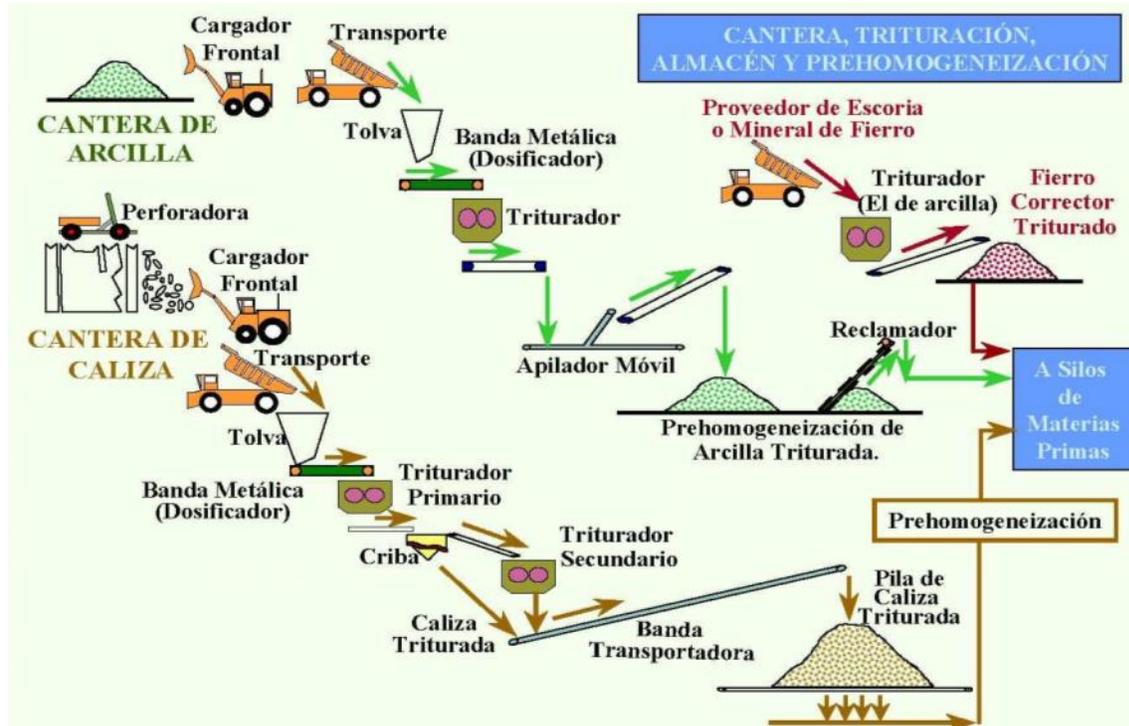
Anexos



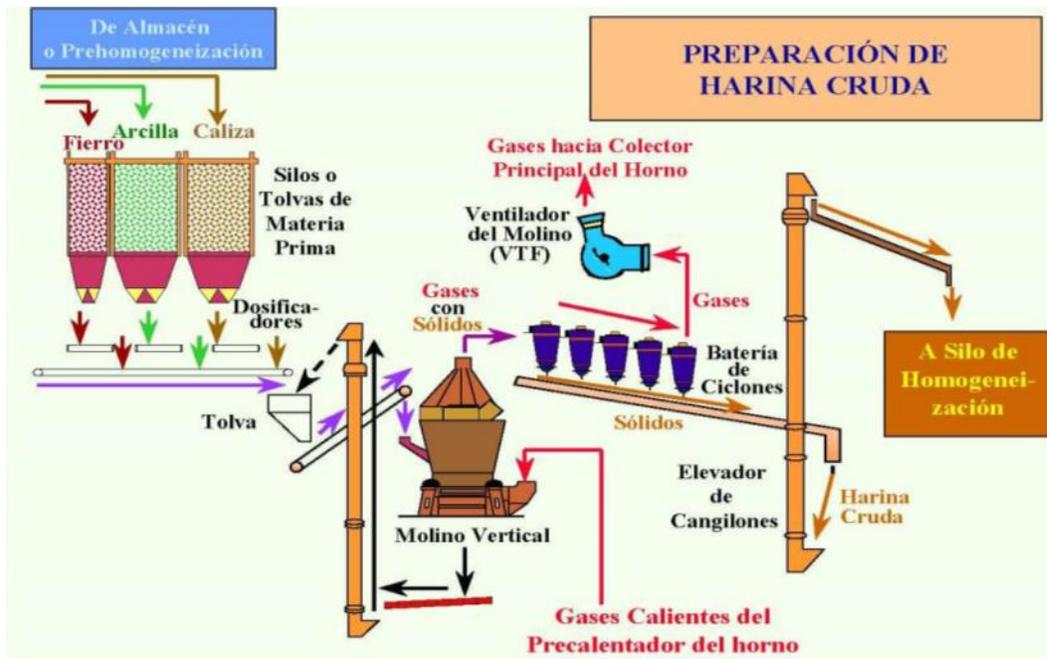
Anexo 2: Macroestructura de la empresa. Fuente: SIG.



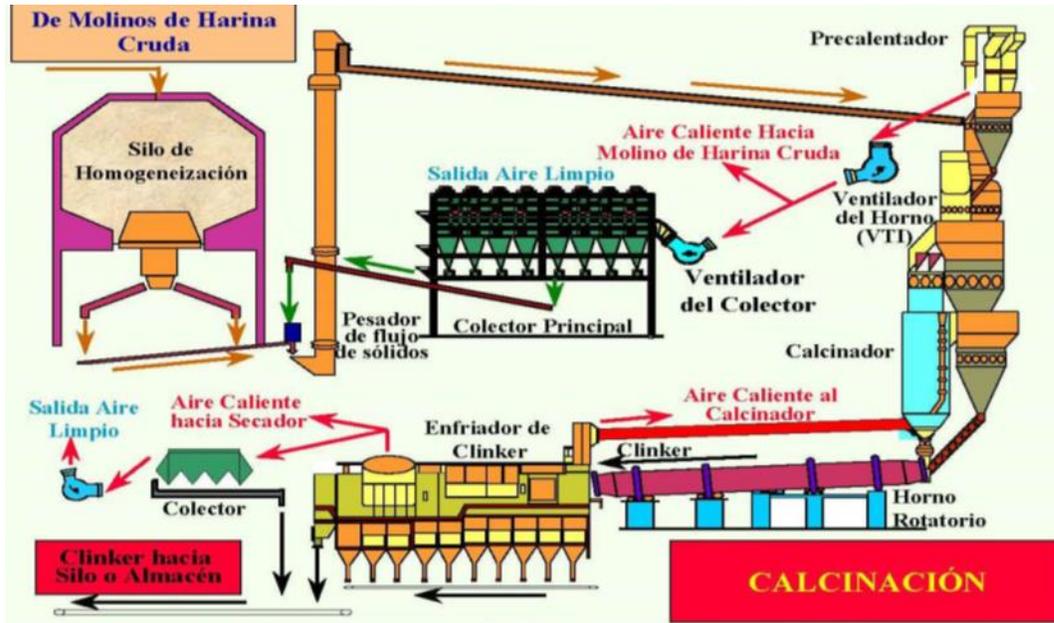
Anexo 3: Preparación de materias primas. Fuente: Bonachea (2019).



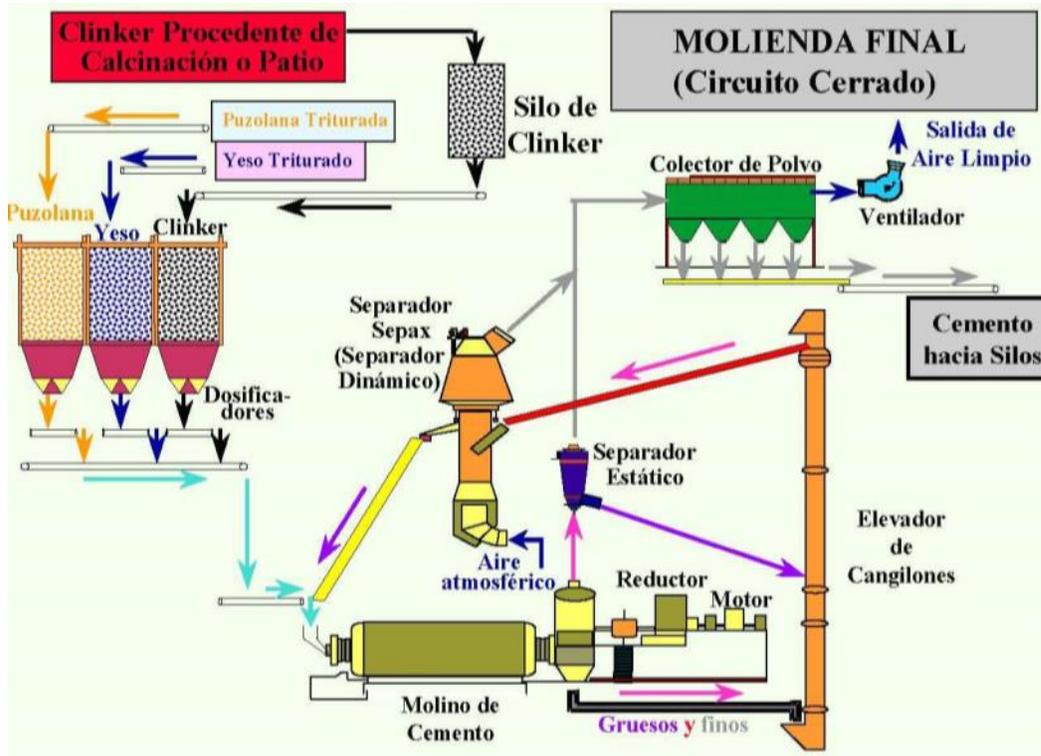
Anexo 4: Molienda de Crudo. Fuente: Bonachea (2019).



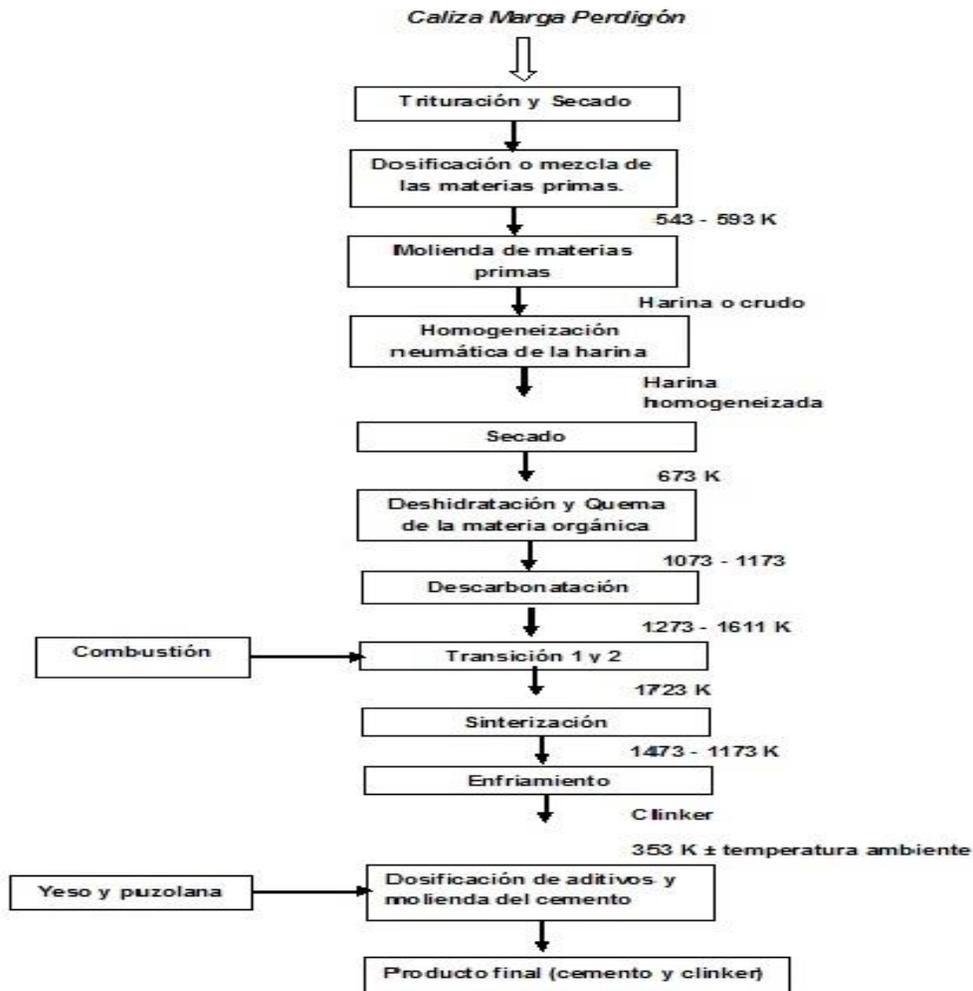
Anexo 5: Etapas de piroproceso (Clinkerización). Fuente: Bonachea (2019).



Anexo 6: Etapa de producción de cemento. Fuente: Bonachea (2019).



Anexo 7: Diagrama de bloques (o de segundo nivel) del proceso productivo de la fábrica de Cementos Cienfuegos S.A. Fuente: Valladares (2022).



Anexo 8: Flujograma del proceso productivo del cemento. Fuente: Valladares (2022).

