



*Universidad de Cienfuegos
Sede Carlos Rafael Rodríguez.
Facultad de Ciencias Económicas y
Empresariales Departamento de
Ingeniería Industrial*

*Título: “Propuesta de distribución en planta de una mini
planta de recuperación de agar-agar en la UCF.”*

Tesis en opción al título de Ingeniero Industrial

Autor: José Jaime Franco Alberto.

Tutor: Msc. Ing. Danny Daniel Hernández Capote.

Cienfuegos, 2016

Pensamiento

*La ignorancia afirma o niega rotundamente;
la ciencia duda.
Voltaire*

Agradecimientos

Quiero agradecer:

A mi hijo, que siempre me hace caminar y reír, para que esté orgulloso de su padre y no deje de perseguir sus sueños.

A mis abuelos, Papi y Naña que me lo han dado todo sin esperar nada.

A mi hermano que se volvió hombre entre mis manos y me llena de orgullo.

A mi personita especial, Ary, por soportarme y ser mi refugio y sustento.

A mi tutor Danny, por su ayuda, orientación y amistad surgida en el camino.

A Duanys, que se la debía.

A mis compañeros de aula que los extrañaré, sobre todo los sábados.

A Mirtha y Noel, por el dominó y las risas.

A Yanet por la ayuda material.

A mis profesores, todos, que ayudaron en mi formación como profesional.

A todos los que me ayudaron en estos años y, sobre todo, a los que me puedan odiar para que se muerdan los labios mientras yo sonrío.

A mis alumnos en estos años por obligar a superarme cada día y en cada clase.

Pero sobre todas las cosas a Nancy Alberto Trujillo.....

Gracias Mamá.

Dedicatoria

*A mi madre Nancy, que allá donde esté siempre me
acompaña.*

A mi hijo Javi, el motor impulsor de este loco.

A mi hermano Javier, que terminó siendo mi espejo.

Resumen

Resumen:

Las mejoras de distribución en planta han sido y siguen siendo importantes, aunque muchos no distinguen su significado en el logro de la eficiencia y eficacia.

En el presente trabajo se planea realizar una propuesta de la Distribución en Planta de una mini planta de recuperación de agar-agar en las áreas del Departamento de Química de la Universidad de Cienfuegos que garantice una adecuada disposición física en el espacio disponible para facilitar la organización del trabajo y de la producción.

En la investigación se desarrolla el método *Systematic Layout Planning* (SLP) para ajustar un proceso productivo completamente nuevo en una edificación existente dando cumplimiento a los principios de distribución en planta de la mínima distancia recorrida y de flujo de materiales o de la circulación.

La variante seleccionada cumple con los requisitos que exige una correcta distribución espacial, permitiendo aplicar variantes y estrategias en caso de que existan cambios posteriores, pues aumenta la disponibilidad de áreas, garantizando flexibilidad y posibilidad de ampliaciones en el proceso productivo con un aumento en el volumen de la producción de desechos de la Biofábrica. La distancia total recorrida con esta variante es de solo 19,9 m para la realización del proceso de recuperación.

Abstract

Abstract:

The improvements in distribution in plant have been and they continue being important, although many don't distinguish their meaning in the achievement of the efficiency and effectiveness.

The present work plans to carry out a proposal of the Distribution in Plant of a mini plant of agar-agar recovery in the areas of the Department of Chemistry in Cienfuegos University, that it guarantees an appropriate physical disposition in the available space to facilitate the organization of the work and the production.

In the investigation the method Systematic Layout Planning is developed (SLP) to adjust a totally new productive process in an existent construction to fulfill the principles of distribution in plant of the minimum traveled distance and flow of materials or the circulation.

The selected variant carries out the requirements that it demands a correct space distribution, allowing to apply variants and strategies in case that later exist changes, because the readiness of areas increases, guaranteeing flexibility and possibility of amplifications in the productive process with an increase in the volume of the waste production of the Biofábrica. The total distance traveled with this variant is only 19,9 m for the realization of the recovery process.

Índice

Índice

Introducción	9
Capítulo I: Fundamentación teórica sobre distribución en planta	15
1.1- Origen de la Distribución en Planta.....	15
1.1.1- Primeras aproximaciones metodológicas al problema de la Distribución en Planta.....	16
1.2- Causas que originan el estudio o realización de proyectos de Distribución en Planta.....	18
1.3- Objetivos de las Distribución en Planta.....	20
1.4- Factores que intervienen en la distribución espacial de una instalación. ..	21
1.4.1- Los materiales.....	21
1.4.2- La maquinaria.....	21
1.4.3- La mano de obra.....	21
1.4.4- El movimiento.....	22
1.4.5- Las esperas.....	22
1.4.6- Los servicios auxiliares.....	22
1.4.7- El edificio.....	22
1.4.8- Los cambios.....	22
1.5- Clasificación de la Distribución en Planta.....	22
1.5.1- Características de la Distribución en Planta por Posición fija.....	23
1.5.2- Características de la Distribución en Planta por Producto.....	23
1.5.3- Características de la Distribución en Planta por proceso.....	24
1.5.4- Células de trabajo o células de fabricación flexible.....	25
1.6- Necesidad de la realización de proyectos o estudios de localización y Distribución en Planta.....	26
1.7- Reglas y principios a tener en cuenta en una distribución en planta.....	28
1.8- Ventajas de una eficiente Distribución en Planta.....	31
1.9- Métodos para mejorar y/o determinar la Distribución en Planta en sistemas industriales.....	32
1.10- Conclusiones parciales del capítulo.....	34
Capítulo II: Caracterización de la UCF y selección del método de Distribución en Planta a emplear en la mini-planta de recuperación de agar-agar	35
2.1- Caracterización de la UCF.....	35
2.1.1- Mapa del proceso de formación en la UCF.....	39
2.1.2- Estructura por facultades.....	41

2.2- Descripción de la mini planta de recuperación de agar-agar.	42
2.3- Descripción del proceso de recuperación de agar-agar.....	43
2.4- Área disponible para realizar la implementación de la mini planta.....	46
2.5- Selección del método de distribución en planta.	46
2.5.1- Método de planeación sistemática de la distribución en planta (SLP).47	
2.6- Conclusiones parciales del capítulo.	56
Capítulo III: Propuesta de Distribución en Planta de la mini planta de recuperación de agar-agar.	57
3.1- Procedimiento para desarrollo del método de Distribución en Planta. Systematic Layout Planning.	57
3.2- Desarrollo del método Systematic Layout Planning para determinar la distribución de la planta de recuperación de agar-agar.....	58
3.2.1- Análisis producto cantidad (PQ).....	58
3.2.2- Análisis del flujo de materiales.....	58
3.2.3- Análisis de relación entre actividades.	59
3.2.4- Diagrama relacional de actividades.	60
3.2.5- Diagrama relacional de espacios.	62
3.2.6- Relación entre espacio necesario y espacio disponible.....	62
3.2.7- Elección de la distribución definitiva.	68
3.3- Conclusiones parciales del capítulo.	70
Conclusiones Generales.....	71
Recomendaciones:	72
Bibliografía:	73

Introducción

Introducción:

En Cuba la Biotecnología Vegetal consiste en la multiplicación masiva de plantas, explotando al máximo la capacidad de las células de la totipotencia (las células contienen toda la información genética necesaria para formar plantas completas independientemente del tejido del cual formen parte). Este procedimiento se ha generalizado a casi todos los Polos Científicos del país.

En todas las Biofábricas existentes en nuestro país, el principal agente gelificante en los medios de cultivo es el agar-agar y dada la aceptación del procedimiento de cultivo realizado en las Biofábricas, los consumos de agar-agar empleados se han incrementado, estableciendo una demanda permanente dependiente del mercado internacional. Este producto es de **importación** y posee un precio considerable.

El mecanismo establecido para el suministro del producto a las Biofábricas es a través del BIOCEN, centro científico productivo ubicado en La Habana que lo compra en el exterior, lo re- envasa y lo comercializa. A esto se le suma el hecho de que este producto en el mercado internacional tiene un precio considerablemente alto (alrededor de 80 usd/Kg), por lo que resulta concluyente la gran importancia que tendría poder recuperarlo en las Biofábricas y de esta forma ahorrar gran cantidad de USD que hoy está muy limitada.

Actualmente, después de ser utilizado en las diferentes fases del proceso biotecnológico, estos medios de cultivo se vierten en forma de residuales. Sería importante el desarrollo de un método que permita recuperar el agar-agar de estos medios.

En estos momentos en nuestro país no existe ninguna Planta Química productora de agar y toda la demanda se satisface con la importación.

Después de haber sido realizado el VI Congreso del Partido Comunista de Cuba (PCC) quedaron aprobados los diferentes lineamientos de la política económica y social del Partido y la Revolución. De los mismos se seleccionan los que

resultan de interés para la presente investigación científica, los cuales se refieren a continuación:

Los centros de investigación que están en función de la producción y los servicios deberán formar parte de las empresas o de las organizaciones superiores de dirección empresarial, en todos los casos en que resulte posible, de forma que se pueda vincular efectivamente su labor de investigación a las producciones respectivas. (Número 24).

Propiciar un acelerado proceso efectivo de sustitución de importaciones, con mecanismos que estimulen y garanticen la máxima utilización posible de todas las capacidades de que dispone el país en el sector agrícola, industrial, en servicios y en recursos humanos. (Número 87).

Las inversiones se orientarán prioritariamente hacia la esfera productiva y de los servicios para generar beneficios en el corto plazo, así como hacia aquellas inversiones de infraestructura necesarias para el desarrollo sostenible de la economía del país. (Número 118).

Sostener y desarrollar investigaciones integrales para proteger, conservar y rehabilitar el medio ambiente y adecuar la política ambiental a las nuevas proyecciones del entorno económico y social. (Número 133).

Desarrollar con efectividad el programa de autoabastecimiento alimentario municipal, apoyándose en la agricultura urbana y suburbana. (Número 205).

Ejecutar el programa de agricultura suburbana aprovechando eficientemente las tierras que rodean las ciudades y pueblos, con el menor gasto posible de combustible e insumos importados, empleando los propios recursos locales y con amplio uso de la tracción animal. (Número 206).

En la literatura consultada no se apreció la existencia de plantas recuperadoras de Agar-Agar partiendo de estos medios de cultivos residuales, pero experiencias realizadas en la Universidad Central de Las Villas (UCLV) a escala de laboratorio han demostrado la factibilidad de tal aspecto.

Es importante tener en cuenta en este caso, que las cantidades de producto con que se trabaja son pequeñas, por lo que las dimensiones de una planta piloto para la recuperación de agar-agar serían reducidas, lo que trae como consecuencia que no se necesiten grandes inversiones, ni consumos elevados en su construcción y operación. Tampoco es necesario gran fuerza de trabajo, que además no tiene que ser altamente calificada.

Para evitar problemas de transportación y aprovechar algunas de las instalaciones y servicios de la propia Biofábrica, esta mini planta debe situarse adjunta a la misma, aunque en condiciones especiales pueden establecerse relativamente independientes con servicios extendidos.

El diseño y distribución en planta de la mini planta de recuperación de agar-agar se realiza, para implementarla a modo de planta piloto con fines docentes e investigativos, en la Universidad de Cienfuegos, complementando así el programa de estudio de la carrera de Ingeniería Química y buscando la formación integral del profesional. Están llamados a ser nuestros profesionales, los pilares fundamentales para garantizar la continuidad y el desarrollo de nuestra nación.

El estudio de metodologías para el diseño de distribuciones en planta en instalaciones industriales, se produjo fundamentalmente en la década de los años 50, y entre sus autores se destacan *Immer*, 1950, *Buffa*, 1955. (Diego Mas, 2006.) Los métodos de generación de *Layout*, no solo persiguen la enumeración exhaustiva de todas las soluciones acorde con los requerimientos, sino que cumplen una labor de filtro inicial de los mismos. La Distribución en Planta consiste en resolver el problema de situar todos los componentes físicos que intervienen en un proceso de fabricación y/o de servicio de modo que su comportamiento sea óptimo desde el mayor número de puntos de vista posibles, siendo un problema que en todas las plantas industriales se ha de resolver. (Diego Mas, 2006).

“Propuesta de distribución en planta de una mini planta de recuperación de agar-agar en la UCF.”

Esta ordenación de las áreas de trabajo, el personal y los medios de producción debe ser la más económica para el trabajo, al mismo tiempo que la más segura y satisfactoria para los empleados.

Uno de los objetivos que persigue la distribución en planta es la flexibilidad. Por tanto, es ineludible la necesidad de prever las variaciones futuras para evitar que posibles cambios lleguen a transformar una distribución en planta eficiente en otra anticuada que merme beneficios potenciales.

Está concebida la implementación de la planta piloto en el laboratorio de Operaciones Unitarias del Departamento de Química. Además de los aspectos constructivos de las instalaciones, hay que considerar que en el espacio seleccionado tienen que coexistir el laboratorio de Corrosión, las mesetas y fregaderos, los puestos de los estudiantes y que no se pueden hacer ampliaciones o construir locales adjuntos a la estructura.

A pesar de que el procedimiento de recuperación es sencillo desde el punto de vista químico, pues casi todas las transformaciones son físicas, consta de 12 operaciones según la metodología diseñada, que ocurren en 12 etapas con sus respectivos equipos y elementos definidos para cada una de ellas. Resulta prioritario contar con áreas disponibles para desarrollar las demás actividades docentes y de formación que se realizan en el local seleccionado.

Esto hace que sea necesario desarrollar un estudio que permita obtener una distribución en planta que logre el aprovechamiento de las áreas disponibles del edificio existente para la instalación de la mini planta de recuperación de agar-agar.

Problema científico

¿Cómo lograr una distribución en planta eficiente para la mini planta de recuperación de agar-agar a situar en las áreas del Departamento de Química en la Universidad de Cienfuegos?

Objetivo General:

Realizar una propuesta para la distribución en planta de la mini planta de recuperación de agar-agar.

Objetivos específicos:

1. Realizar una búsqueda bibliográfica que proporcione las bases conceptuales fundamentales para el desarrollo de la investigación.
2. Caracterizar la Universidad de Cienfuegos y su papel social.
3. Determinar factores y elementos para la distribución en planta en una edificación existente.
4. Describir el proceso de recuperación de agar-agar de los medios de cultivo empleados en la Biofábrica y el equipamiento necesario para llevarlo a cabo.
5. Desarrollar el método seleccionado de distribución en planta en la mini planta de recuperación de agar-agar a situar en las áreas del Departamento de Química en la Universidad de Cienfuegos.

Limitaciones de la investigación:

El presente estudio se limita solo a una propuesta de la distribución en planta de la mini planta de recuperación de agar-agar a implementar en las áreas del Departamento de Química de la Facultad de Ingeniería de la sede “Carlos Rafael Rodríguez de la Universidad de Cienfuegos”.

La estructura de la presente investigación quedó conformada de la siguiente manera:

Resumen

Introducción

Capítulo I: Fundamentación teórica sobre distribución en planta.

Se tratan los aspectos teóricos de la distribución en planta donde se realiza una búsqueda bibliográfica que proporcionen las bases conceptuales fundamentales sobre la distribución en planta de instalaciones que serán de vital importancia para el desarrollo de la investigación.

Capítulo II: Caracterización de la UCF y selección del método de Distribución en Planta a emplear en la mini-planta de recuperación de agar-agar.

Se caracteriza la organización objeto de estudio, se describe el proceso de recuperación de agar-agar a partir de los medios de cultivo desechados por la Biofábrica de Cienfuegos y finalmente, se describe el método de distribución en planta a utilizar según la bibliografía consultada en el capítulo anterior. Además,

Capítulo III: Propuesta de Distribución en Planta de la mini planta de recuperación de agar-agar.

Se desarrolla el método *Systematic Layout Planning* (SLP) de distribución en planta y se exponen los resultados de la propuesta de distribución en planta de la mini planta de recuperación de agar-agar.

Conclusiones

Recomendaciones

Capítulo I

Capítulo I: Fundamentación teórica sobre distribución en planta.

En el presente capítulo se pretende realizar un estudio bibliográfico sobre aspectos de Distribución en Planta los cuales serán de sumo interés para el desarrollo de la investigación, en la figura 1.1 se muestra el hilo conductor el cual refleja de forma sintetizada los aspectos generales a tratar en el capítulo.

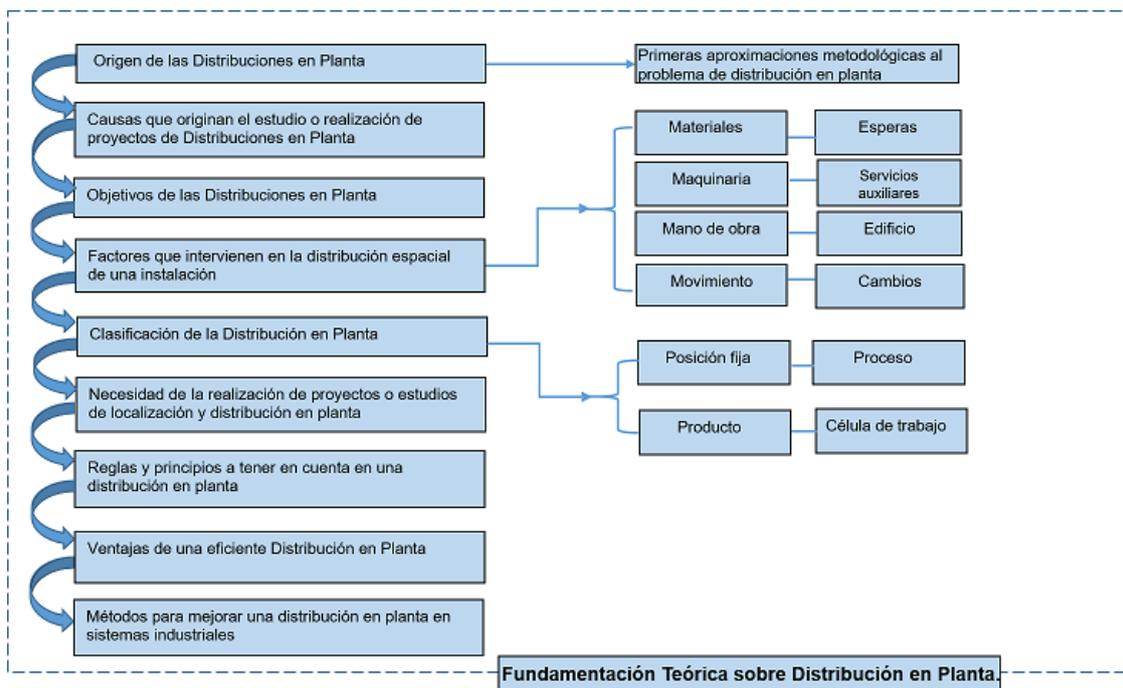


Figura 1.1: Hilo conductor de la fundamentación teórica sobre Distribución en planta. **Fuente:** Elaboración propia.

1.1- Origen de la Distribución en Planta.

El proceso de ordenación física de los elementos industriales de modo que constituyan un sistema productivo capaz de alcanzar los objetivos fijados de la forma más adecuada y eficiente posible es precisamente lo que se conoce por Distribución en Planta. La revisión bibliográfica realizada sobre el tema de Distribución en Planta ofrece diferentes definiciones tratadas por diferentes autores. Con posterioridad a los conceptos dados por estos autores surgen otros que según Diego Mass, la definen como ciencia o arte. Considerando, todas esas definiciones, se llega al concepto que adopta el presente trabajo:

“*Propuesta de distribución en planta de una mini planta de recuperación de agar-agar en la UCF.*”

“La Distribución en Planta consiste en resolver el problema de situar todos los componentes físicos que intervienen en un proceso de fabricación y/o de servicio de modo que su comportamiento sea óptimo desde el mayor número de puntos de vista posibles, siendo un problema que en todas las plantas industriales se ha de resolver”. (Diego Mas, 2006).

Esta ordenación de las áreas de trabajo, el personal y los medios de producción debe ser la más económica para el trabajo, al mismo tiempo que la más segura y satisfactoria para los empleados.

Los intentos por establecer una metodología que permitiera afrontar el problema de la Distribución en Planta de manera ordenada comienzan en la década de los 50 del siglo pasado. Sin embargo, es Muther en (1961), el primero en desarrollar un procedimiento verdaderamente sistemático, el *Systematic Layout Planning* (en lo adelante SLP) que establece una metodología aplicable a la resolución del problema independientemente de su naturaleza.

Los métodos precedentes al SLP son simples e incompletos y los desarrollados con posterioridad son en muchos casos variantes de éste, más o menos ampliadas, siendo el método de Muther el más difundido entre la bibliografía consultada. De tal forma, es posible afirmar que el SLP ha sentado precedentes y ha marcado un antes y un después en el diseño de instalaciones de producción y servicios como área del conocimiento de la investigación de operaciones. (Pérez Gosende, 2008).

1.1.1- Primeras aproximaciones metodológicas al problema de la Distribución en Planta.

Método de Immer.

Diversos autores coinciden en señalar a Immer como el primero en crear (en 1950) una metodología común para la resolución del problema de Distribución en Planta (Francis & White, 1974); (Tompkins & White, 1984); (Santamarina, 1995).

“Propuesta de distribución en planta de una mini planta de recuperación de agar-agar en la UCF.”

Método de análisis de secuencia (sequence analysis) de Buffa.

El método desarrollado por Buffa (1955) puede considerarse un precursor del SLP, pudiendo establecerse con éste muchas similitudes (Santamarina, 1995).

Metodología de Reed.

En 1961, Reed propone que el diseño de las instalaciones se realice siguiendo un planteamiento sistemático en 10 pasos (Tompkins & White, 1984).

Metodología del enfoque de sistemas ideales (ideal systems approach) de Nadler.

La metodología propuesta por Nadler en (1965), se concibió en principio para el diseño de sistemas de trabajo, pero es aplicable, además, al diseño de la Distribución en Planta de instalaciones. Esta es una aproximación jerárquica al diseño; es más una filosofía de trabajo que un procedimiento.

Metodología de Apple.

Apple establece una secuencia muy detallada de pasos a realizar en el diseño del *layout* de la planta industrial. Esta propuesta es más específica y concreta que las anteriores (Tompkins & White 1984).

Metodología de la Planeación Sistemática de la Distribución en Planta (*Systematic Layout Planning*) de Muther.

Esta metodología conocida como SLP por sus siglas en inglés, ha sido la más aceptada y la más comúnmente utilizada para la resolución de problemas de Distribución en Planta a partir de criterios cualitativos, aunque fue concebida para el diseño de todo tipo de distribuciones en planta independientemente de su naturaleza. (Tompkins & White, 1984).

1.2- Causas que originan el estudio o realización de proyectos de Distribución en Planta.

Las causas frecuentes que nos llevan a la realización de proyectos o estudios de Localización y Distribución de Planta pueden estar asociadas a una de las siguientes situaciones:

- **Proyecto de una Planta Completamente Nueva:** En este tipo de proyecto el grupo de especialistas encargados de la distribución, diseñará el edificio de la empresa desde el principio, como ejemplifica la figura 1.2. Este caso de Distribución en Planta se suele dar cuando se inicia un nuevo tipo de producción o la fabricación de un nuevo producto o cuando la empresa se expansiona y traslada a una nueva área. Aquí es necesario todo el ingenio y conocimientos del diseñador para una buena distribución.



Figura 1.2: Proyecto de una planta completamente nueva. **Fuente:** Imágenes de Google.

- **Expansión o Traslado a una Planta ya Existente:** En este caso, los edificios y servicios ya están allí limitando la distribución como ejemplifica la figura 1.3. El problema principal consiste en adaptar el producto, los elementos y el personal de una organización ya existente en una planta distinta que también ya existe. Este es el mejor momento de mejorar métodos y abandonar viejas prácticas.



Figura 1.3: Expansión o traslado a una planta ya existente. **Fuente:** Imágenes de Google.

- **Reordenación de una Distribución ya Existente:** Esta situación es la más frecuente, sobre todo en los cambios de diseño del producto y en la modernización del equipo de producción como ejemplifica la figura 1.4. Aquí también existe una limitación dada por las dimensiones del edificio, su forma y en general todas sus instalaciones.



Figura 1.4: Reordenación de una distribución ya existente. **Fuente:** Imágenes de Google.

- **Ajustes Menores en una Distribución ya Existente:** Se presenta cuando varían las condiciones de operación como ejemplifica la figura 1.5. Esta también es una buena oportunidad para introducir diversas mejoras con un mínimo de costos, aplicándose gastos menores para adaptarse a las variaciones de la demanda como ejemplifica la figura 1.5.

“Propuesta de distribución en planta de una mini planta de recuperación de agar-agar en la UCF.”



Figura 1.5: Ajustes menores en una distribución ya existente. **Fuente:** Imágenes de Google.

Muchos autores refieren que cuando se trata del problema de la ordenación de los diversos equipos, materiales y personal, la Distribución en Planta no solo constituye una ciencia, sino más bien un arte en el que la pericia y la experiencia juegan un papel fundamental. (Diéguez Matellán, E, Gómez Figueroa, O, & Negrín Sosa, E, 2007)

1.3- Objetivos de las Distribución en Planta:

Una Distribución en Planta adecuada proporciona beneficios a la empresa que se traducen en un aumento de la eficiencia y por lo tanto de la competitividad. Esto es más así con la introducción de conceptos de fabricación recientes, como los sistemas de fabricación flexibles (FMS), la fabricación integrada por ordenador (CIM), o los sistemas de suministro de material *Just In Time* (JIT). Sea cual sea el sistema productivo, una correcta Distribución en Planta permite reducir los requerimientos de espacio y los desplazamientos de material, disminuye el volumen de trabajo en proceso y mejora el control de materiales y productos acabados.

Por su parte (Muther, 1981) plantea que una buena distribución debe traducirse necesariamente en una disminución de los costos de fabricación, donde para lograr esto, es necesario plantearse los siguientes objetivos durante su definición:

- Integración conjunta de todos los factores que afectan a la distribución.
- Movimiento del material según distancias mínimas.
- Circulación del trabajo a través de la planta.

“Propuesta de distribución en planta de una mini planta de recuperación de agar-agar en la UCF.”

- Utilización efectiva de todo el espacio.
- Satisfacción y seguridad de los trabajadores.
- Flexibilidad en la ordenación que facilite ajustes posteriores.

1.4- Factores que intervienen en la distribución espacial de una instalación.

Al plantear una distribución en planta, es necesario conocer la totalidad de los factores implicados en la misma, así como sus interrelaciones. La influencia e importancia relativa de los mismos puede variar con cada organización y situación concreta; en cualquier caso, la solución adoptada para la Distribución en Planta debe conseguir un equilibrio entre las características y consideraciones de todos los factores, de forma que se obtengan las máximas ventajas. De manera agregada los factores que tienen influencia sobre cualquier Distribución en Planta pueden encuadrarse en ocho grupos. (Diéguez Matellán et.al, 2007), los cuales serán comentados a continuación:

1.4.1- Los materiales: dado que el objetivo fundamental del subsistema de operaciones es la obtención de los bienes y servicios que requiere el mercado, la distribución de los factores productivos dependerá necesariamente de las características de aquellos y de los materiales sobre los que haya que trabajar.

1.4.2- La maquinaria: se habrá de considerar su topología y el número existente de cada clase, así como el tipo y cantidad de equipos. El conocimiento de factores relativos a la maquinaria en general, tales como espacio requerido, forma, altura y peso, cantidad y clase de operarios requeridos, riesgos para el personal, etc., se muestra indispensable para poder afrontar un correcto y completo estudio de distribución en planta.

1.4.3- La mano de obra: ha de ser ordenada en el proceso de distribución, englobando tanto la directa, como la de supervisión y demás servicios auxiliares. Al hacerlo, debe considerarse la seguridad de los empleados, junto con otros factores, tales como iluminación, ventilación, temperatura, ruidos, etc.

1.4.4- El movimiento: con este factor hay que tener presente que las manipulaciones no son operaciones productivas, pues no añaden ningún valor al producto. Debido a ello, hay que intentar que sean mínimas y que su realización se combine en lo posible con otras operaciones, sin perder de vista que se persigue la eliminación de los manejos innecesarios y antieconómicos.

1.4.5- Las esperas: uno de los objetivos que se persiguen al estudiar la Distribución en Planta es conseguir que la distribución de materiales sea fluida a lo largo de la misma, evitando así el costo que suponen las esperas y demoras que tienen lugar cuando dicha circulación se detiene.

1.4.6- Los servicios auxiliares: los servicios auxiliares permiten y facilitan la actividad principal que se desarrolla en una planta. Entre ellos podemos citar los relativos al personal (por ejemplo: la inspección y control de calidad) y los relativos a la maquinaria (por ejemplo: mantenimiento y distribución de líneas de servicios auxiliares).

1.4.7- El edificio: la consideración del edificio es siempre un factor fundamental en el diseño de la distribución en planta, pero la influencia del mismo será determinante si este ya existe en el momento de proyectarla.

1.4.8- Los cambios: uno de los objetivos que se persiguen con la Distribución en Planta es su flexibilidad, por tanto, es necesario prever las variaciones futuras para evitar que los posibles cambios en los restantes factores lleguen a transformar una Distribución en Planta eficiente en otra anticuada que merme beneficios potenciales.

1.5- Clasificación de la Distribución en Planta.

El tipo de Distribución en Planta está determinado por la clase de bien o de servicio que se vaya a producir, también por el tipo del proceso productivo y por el volumen de producción, por esto, encontramos las siguientes formas básicas de distribución en planta. (Diéguez Matellán et.al, 2007)

1.5.1- Características de la Distribución en Planta por Posición fija: Es apropiada cuando no es posible mover el producto debido a su peso, tamaño, forma, volumen o alguna característica particular que lo impida. Ello provoca que el material base o principal componente del producto final permanezca inmóvil en una posición determinada, de forma que los elementos que sufren el desplazamiento son el personal, la maquinaria, las herramientas y los diversos materiales que son necesarios en la elaboración del producto, así como los propios clientes en su caso. Esta distribución tiene ventajas y desventajas como se puede observar en la tabla 1.1.

Tabla 1.1: Ventajas y desventajas de la distribución por posición fija. **Fuente:** Diéguez Matellán et.al. (2007)

Ventajas	Inconvenientes	Se recomienda
<ul style="list-style-type: none">• Poca manipulación de la unidad principal de montaje.• Alta flexibilidad para adaptarse a variantes de un producto e incluso a una diversidad de productos.	<ul style="list-style-type: none">• Ocupación de espacio. Movimiento de las piezas hasta el emplazamiento principal de montaje.• Dificultad para utilizar equipos difíciles de mover.	<ul style="list-style-type: none">• El costo de mover la pieza principal es elevado.• El número de unidades a producir es bajo.• Las operaciones requieren principalmente trabajo manual o herramientas o maquinaria ligera.

La tabla anterior muestra las ventajas e inconvenientes de la distribución por posición fija y a su vez cuando es aconsejable llevarla a cabo.

1.5.2- Características de la Distribución en Planta por Producto: Es la adoptada cuando la producción está organizada de forma continua o en forma repetitiva. En el primer caso, la correcta interrelación de las operaciones se consigue a través del diseño de la Distribución en Planta y las especificaciones de los equipos, pero cada caso es tan concreto y especializado que debe quedar en manos de expertos de la industria en cuestión. En el segundo caso, el de las configuraciones repetitivas, el aspecto crucial de las interrelaciones pasará por el equilibrado de la línea

con objeto de evitar los problemas derivados de los cuellos de botella desde que entra la materia prima hasta que sale el producto terminado. Este tipo de distribución está diseñada para adaptarse a volúmenes de producción altos, equipos altamente especializados y habilidades normales de los trabajadores. El flujo de trabajo en este tipo de distribución puede adoptar diversas formas dependiendo de cuál se adapte mejor a cada situación. Esta distribución tiene ventajas y desventajas como se puede observar en la tabla 1.2.

Tabla 1.2: Ventajas y desventajas de la distribución por procesos. **Fuente:** Diéguez Matellán et.al. (2007)

Ventajas	Inconvenientes	Se recomienda
<ul style="list-style-type: none"> • Mayor utilización de los equipos y por tanto menor inversión. • Flexibilidad para los cambios en los productos y en la demanda. • Mayor fiabilidad. • Posibilidad de individualizar rendimientos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Movimiento de materiales costoso. • Alto stock de materiales en curso de elaboración. • Programación compleja. 	<ul style="list-style-type: none"> • Variedad de productos y demanda baja o intermitente de cada uno de ellos. • Maquinaria cara o difícil de trasladar.

La tabla anterior muestra las ventajas e inconvenientes de la distribución por procesos y a su vez cuando es aconsejable llevarla a cabo.

1.5.3- Características de la Distribución en Planta por proceso: Se adopta cuando la producción se organiza por lotes. El personal y los equipos que realizan una misma función general se agrupan en una misma área, de ahí que estas distribuciones sean denominadas por funciones o por talleres. En ellas los distintos ítems tienen que moverse de un área a otra, de acuerdo con la secuencia de operaciones establecidas para su obtención. La variedad de productos fabricados supondrá por regla general diversas secuencias de operaciones lo cual se reflejará en una diversidad de los flujos de materiales entre talleres. Esta distribución tiene ventajas y desventajas como se puede observar en la tabla 1.3.

Tabla 1.3: Ventajas y desventajas de la distribución por producto. **Fuente:** Diéguez Matellán et.al. (2007)

Ventajas	Inconvenientes	Se recomienda
<ul style="list-style-type: none">• Mínima manipulación de materiales.• Reducción del tiempo entre el inicio del proceso y la obtención del producto acabado.• Menos material en Curso.• Mano de obra más fácil de entrenar y de sustituir.• Programación y control sencillos.	<ul style="list-style-type: none">• Mayor inversión.• Rigidez.• Diseño y puesta a punto más complejos.• El ritmo de producción lo marca la máquina más lenta.• Una avería puede interrumpir todo el proceso.• Tiempos muertos en algunos puestos de trabajo.• El aumento del rendimiento individual no repercute en el rendimiento global.	<ul style="list-style-type: none">• Alto volumen de producción de unidades idénticas o bastante parecidas.• Demanda estable.

La tabla anterior muestra las ventajas e inconvenientes de la distribución por producto y a su vez cuando es aconsejable llevarla a cabo.

1.5.4- Células de trabajo o células de fabricación flexible: Este sistema propone la creación de unidades productivas capaces de funcionar con cierta independencia denominadas células de fabricación flexibles. Dichas células son agrupaciones de máquinas y trabajadores que realizan una sucesión de operaciones sobre un determinado producto o grupo de productos. Las salidas de las células pueden ser productos finales o componentes que deben integrarse en el producto final o en otros componentes. En este último caso, las células pueden disponerse junto a la línea principal de ensamblaje, facilitando la inclusión del componente en el proceso en el momento y lugar oportunos. La distribución interna de células de fabricación puede realizarse a su vez por proceso, por producto o como mezcla de ambas, aunque lo más frecuente es la distribución por producto. Esta distribución tiene ventajas y desventajas como se puede observar en la tabla 1.4.

Tabla 1.4: Ventajas y desventajas de la distribución por células de trabajo. **Fuente:** Diéguez Matellán et.al. (2007)

Ventajas	Inconvenientes
<ul style="list-style-type: none"> • Mejora de las relaciones humanas (en las células un equipo de trabajadores completa una unidad de trabajo. Estos son entrenados para manejar cualquiera de las maquinarias de su célula y asumen de forma conjunta la responsabilidad de los resultados de los <i>outputs</i>). • Mejora de la pericia de los operarios (los trabajadores realizan solo un número limitado de ítems en un ciclo de producción finito. El incremento en la repetitividad permite un aprendizaje más rápido). • Disminución del material en proceso (una misma célula engloba varias etapas del proceso de producción, por lo que el traslado y manejo de materiales a través de la planta se ve reducido). • Disminución de los tiempos de preparación (hay que hacer menos cambios de herramientas puesto que el tipo de ítems a los que se dedican los equipos esta ahora limitado). • Disminución de los tiempos de fabricación. • Simplificación de la planificación. • Se facilita la supervisión y el control visual. 	<ul style="list-style-type: none"> • Incremento del costo y desorganización por el cambio de una distribución de proceso a una celular. • Normalmente, reducción de la flexibilidad del proceso. • Potencial incremento de los tiempos inactivos de las máquinas (estas se encuentran ahora dedicadas a la célula y difícilmente podrán ser utilizadas todo el tiempo). • Riesgo de que las células queden obsoletas a medida que cambian los productos y/o los procesos.

La tabla anterior muestra las ventajas e inconvenientes de la distribución por células de trabajo.

1.6- Necesidad de la realización de proyectos o estudios de localización y Distribución en Planta.

En la vida real se pueden dar varias situaciones que llevan a una organización a entenderse y orientarse a estudios de distribución en planta.

- **Proyecto de una Planta Completamente Nueva:** en este tipo de proyecto se diseñará el edificio de la empresa desde el principio. Este caso de Distribución en Planta se suele dar cuando se inicia un nuevo tipo de producción o la fabricación de un nuevo producto o cuando la empresa se expande y traslada a una nueva área.
- **Expansión o Traslado a una Planta ya Existente:** en este caso, los edificios y servicios ya están allí limitando la distribución. El problema principal consiste en adaptar el producto, los elementos y el personal de una organización ya existente en una planta distinta que también ya existe.
- **Reordenación de una distribución ya existente:** esta distribución es la más frecuente, sobre todo en cambios de diseño del producto y en la modernización del equipo de producción. Aquí también existe una limitación dada por las dimensiones del edificio y su forma.
- **Ajustes menores en una distribución ya existente:** se presenta cuando varían las condiciones de la operación, esta también es una buena oportunidad para introducir mejoras con mínimo de costos. Aplicándose gastos menores para adaptarse a las variaciones de la demanda.

Al crear y poner en funcionamiento una unidad de producción, se determina en primer lugar: qué, cuánto, cómo y con qué producir, definiéndose una serie de factores a coordinar. La Distribución en Planta facilita dicha coordinación pues pretende ordenar de la forma más satisfactoria, los elementos y equipos disponibles, pudiendo estar fijado o no el espacio total donde se realizará la ubicación. En general se comienza distribuyendo unidades globales o departamentos, para posteriormente ordenar cada uno de ellos. La fase de detalle permite detectar inconvenientes no percibidos anteriormente, lo cual puede provocar cambios en la distribución primitiva. Las razones más comunes que ocasionan una redistribución de algo que ya está en funcionamiento pueden proceder de cambios en el volumen de producción, en la tecnología, en el producto, etc., o simplemente por haber sido observadas determinadas deficiencias en la distribución actual. Esta retroalimentación por la que se

remodelan distribuciones anteriores, puede tener lugar no solo en la fase de estudio, sino incluso después de la implantación.

1.7- Reglas y principios a tener en cuenta en una distribución en planta.

Algunos autores como (Muther, 1981) han conformado algunas reglas básicas o principios que deben ser observados a la hora de realizar la distribución en plantas o *layout* de un taller individual (sistema parcial), como parte componente de la concepción general de la fábrica o sistema fabril en su conjunto.

De las propias experiencias de Rockstroh y válidas para la elaboración de los planes de distribución de máquinas o instalaciones en general en los diferentes talleres individuales, son las reglas básicas siguientes:

1. Un ordenamiento e instalación óptima de las máquinas en un taller deben garantizar de manera efectiva la función tecnológica a ellas encomendadas, así como las relaciones con el exterior al sistema parcial considerado. Deben ser considerados y de fácil reconocimiento: posibles posiciones peligrosas puntos de unión con los sistemas de transporte las áreas de operación y servicio de las máquinas, así como las áreas libres para la reparación de los equipos.
2. Debe procurarse en lo posible, el aprovechamiento más racional del sistema constructivo sin grandes gastos, previendo para ello el uso adecuado del área y la altura. Para estos fines, así como para lograr un mejor aprovechamiento de la capacidad de las grúas (en aquellos sectores que la poseen suele procederse a separar la producción de los costos constructivos y una mayor racionalidad en el uso de los edificios entre otras ventajas.
3. En el ordenamiento espacial de las máquinas y equipos se deben considerar las influencias de las condiciones ambientales que pueden provocar una disminución de la calidad del trabajo. En nuestras condiciones climáticas revisten especial importancia los problemas relativos a la protección contra la incidencia solar específicamente sobre la elevación o fachada sur y la ventilación (natural y mecánica). En muchos casos la protección contra la incidencia directa de los rayos del sol (sobre todo en la pared sur), causa un

aumento en los casos debido a la necesidad de adoptar soluciones constructivas (por ejemplo, quiebrasoles, aleros) que permitan reducir estos efectos negativos.

4. Para obtener una alta flexibilidad de la distribución de máquinas y equipos en el área del taller, además de prever el método de instalación más adecuado en cada caso, deben ser agrupados en lo posible, aquellos puntos fijos de la distribución (banco de ajustes, medios de transporte y elevación fijos, máquinas instaladas con grandes cimentaciones, oficinas de taller, pañoles, almacenes, etc), en lugares donde no afecten posibles cambios en la maquinaria. En estos casos se prevén siempre que sea posible, las divisiones interiores de los talleres con elementos móviles (por ejemplo, cercas) que permitan una mayor flexibilidad ante posibles cambios en la distribución.
5. Las vías de transporte interno a los talleres para el movimiento de montacargas, personas, así como los caminos de rodamiento para los sistemas de transporte elevado, deben ser correctamente señalizados y no puede permitirse que sean interrumpidos por máquinas, equipos o partes móviles de estos en posiciones extremas. Los pasillos interiores deben ser rectos en lo posible y evitarse las esquinas ciegas, de modo que su ancho y configuración garanticen el movimiento de los medios de transporte y elevación que por ellos circulen. Los pasillos principales no deben cruzarse a nivel debe evitarse que estos se encuentren situados junto a elementos constructivos fijos (paredes, columnas, etc.). Resulta ventajoso que las vías interiores sean diferenciadas para el transporte de materiales y personas.
6. Debe ser evitado el ordenamiento de las máquinas y puestos de trabajo en general, paralelo a vías de transporte cuando la posición de operación o servicios de estos, haga que el operario se sitúe de espaldas a la vía, sobre todo en vías principales. Al menos debe procurarse un ordenamiento inclinado a la vía.
7. Las vías de transporte interno a los talleres, así como los puestos de trabajo no pueden estar situados cerca y en una dirección falsa respecto a las puertas vaivén. Las puertas y pórticos deben estar ubicadas en lo posible de forma que abran en la dirección principal del flujo de producción (sobre todo en aquellas que permiten la salida de más de 15 personas simultáneamente), y

no interrumpir el desarrollo del proceso de producción igualmente deben ser previstas puertas que permitan ser abiertas o cerradas en forma mecánica o automática.

8. Cuando son necesarios varios sistemas de transporte diferentes para garantizar el movimiento de materiales y piezas en el marco de un mismo flujo, es preciso asegurar que dicho movimiento se realice con el mínimo de medios adicionales intermedios (eventualmente ninguno).
9. Para la observación, control y atención a múltiples máquinas o equipos resulta ventajoso en la mayoría de los casos un ordenamiento inclinado o irregular (asimétrico) de las máquinas.
10. Entre máquinas, equipos y puestos de trabajo, así como entre estas y los elementos constructivos (paredes, columnas) debe ser previstas una distancia mínima de 600 a 700 mm, y en algunos casos más.
11. En aquellos talleres donde sea necesario el trabajo de máquinas de precisión o instalaciones que se vean afectadas en su funcionamiento por las vibraciones procedentes de otras máquinas o equipos o que estas sean fuentes de vibraciones que puedan afectar a otras máquinas, equipos, edificios, personas, etc, deben ser sometidas a un aislamiento pasivo o activo según sea el caso, seleccionando para ello el método de instalación más adecuado.

En estas onces reglas básicas se recogen en forma general los aspectos fundamentales que se deben considerar a elaborar los planes de distribución de máquinas, equipos y puestos de trabajo.

Los objetivos básicos de una Distribución en Planta o *layout* se agrupan en seis principios básicos (Muther, 1981).

- **Principio de la integración de conjunto:** la mejor distribución es la que integra a los hombres, los materiales, la maquinaria, las actividades auxiliares, así como o cualquier otro factor, de modo que resulte el compromiso mejor entre todas estas partes.

“Propuesta de distribución en planta de una mini planta de recuperación de agar-agar en la UCF.”

- **Principio de la mínima distancia recorrida:** en igualdad de condiciones es siempre mejor la distribución que permite que la distancia a recorrer por materiales, piezas, etc., sea la más corta.
- **Principio de la circulación o flujo de materiales:** en igualdad de condiciones es mejor aquella distribución que ordena las áreas de trabajo de modo que cada operación o proceso esté en lo posible en el orden o secuencia en que se transforman, tratan o ensamblan los materiales, piezas, etc.
- **Principio del espacio cúbico:** la economía se obtiene utilizando de un modo efectivo el espacio disponible tanto vertical como horizontal.
- **Principio de la satisfacción y de la seguridad:** en igualdad de condiciones será siempre más efectiva la distribución que haga el trabajo más satisfactorio y seguro para los productores.
- **Principio de flexibilidad:** en igualdad de condiciones siempre será más efectiva la distribución que pueda ser ajustada o reordenada con menos costo o inconvenientes. (Diéguez Matellán et.al, 2007)

1.8- Ventajas de una eficiente Distribución en Planta.

Según (Muñoz Cabanillas, 2004) las ventajas que resultan de una eficiente distribución en planta, que no sólo abarque la ordenación más económica de las áreas de trabajo y equipo sino también una ordenación segura y satisfactoria para los empleados, son las siguientes:

1. Se reducen los riesgos de enfermedades profesionales y de accidentes de trabajo, eliminándose lugares inseguros, pasos peligrosos y materiales en los pasillos.
2. Se mejora la moral y se da mayor satisfacción al obrero, evitando áreas incómodas y que hacen tedioso el trabajo para el personal.
3. Se aumenta la producción, ya que cuanto más perfecta es una distribución se disminuyen los tiempos de proceso y se aceleran los flujos.
4. Se obtiene un menor número de retrasos, reduciéndose y eliminándose los tiempos de espera, al equilibrar los tiempos de trabajo y cargas de cada departamento.

“Propuesta de distribución en planta de una mini planta de recuperación de agar-agar en la UCF.”

5. Se obtiene un ahorro de espacio, al disminuirse las distancias de recorrido y eliminarse pasillos inútiles y materiales en espera.
6. Se reduce el manejo de materiales distribuyendo por procesos y diseñando líneas de montaje.
7. Se utiliza mejor la maquinaria, la mano de obra y los servicios.
8. Se reduce el material en proceso.
9. Se facilitan las tareas de vigilancia y control, ubicando adecuadamente los puestos de supervisión de manera que se tenga una completa visión de la zona de trabajo y de los puntos de demora.
10. Se reducen los riesgos de deterioro del material y se aumenta la calidad del producto, separando las operaciones que son nocivas unas a otras.
11. Se facilita el ajuste al variar las condiciones. Es decir, al prever las ampliaciones, los aumentos de demanda o reducciones del mercado se eliminan los inconvenientes de las expansiones o disminuciones de la instalación.
12. Se mejora y facilita el control de costos, al reunir procesos similares, que facilitan la contabilidad de costos.
13. Se obtienen mejores condiciones sanitarias, que son indispensables tanto para la calidad de los productos, como para favorecer la salud de los empleados.

1.9- Métodos para mejorar y/o determinar la Distribución en Planta en sistemas industriales.

La bibliografía estudiada reconoce diversos métodos para determinar una Distribución en Planta o *layout*. Entre estos, los más utilizados son los siguientes:

Método S.L.P. (Systematic *Layout* Planning)

Cuando la Distribución en Planta deba realizarse teniendo en cuenta factores cualitativos, la técnica comúnmente aplicada es la desarrollada por (Muther,1981) denominada S.L.P. (Systematic *Layout* Planning). En ella las prioridades de cercanía entre departamentos se asimilan a un código de letras.

Método húngaro

Dada sus características, este método se usa cuando se adopta para un grupo de máquinas considerando una estructura espacial basada en el principio de organización individual de los puestos de trabajo, se aplica cuando las máquinas no poseen relaciones entre ellas y solo se relacionan con elementos limítrofes de otros sistemas parciales relacionados con este. (Mihalyfí, 1966).

Método triangular

Este método pertenece a los de carácter aproximado o heurísticos, el fundamento de este método es el ordenamiento esquemático de las máquinas o grupos de ellas en los vértices de una red triangular equilátera, de forma tal que el gasto de transporte total sea mínimo (Mihalyfí, 1966) y (Diéguez Matellán et.al, 2007).

Método de los momentos de carga

Se emplea con el objetivo de reducir los retrocesos en el flujo de producción de una serie de productos o piezas que poseen secuencias de elaboración similares, pero no iguales; y que su producción se organiza espacialmente según el principio de líneas (estructura en líneas) (Woithe & Hernández Pérez, 1986).

Método relacional basado en la teoría de redes

Este método es operativo para determinar la posición relativa de diferentes unidades sobre la base de relaciones deseadas de cercanía o adyacencia entre ellas. Solo es factible su aplicación cuando la distribución se realiza a un solo nivel de piso (Diéguez Matellán et.al, 2007).

1.10- Conclusiones parciales del capítulo.

1. Se estudian los elementos y conceptos fundamentales sobre la Distribución en Planta y su relación con el enfoque en sistemas resaltando la existencia de diversas metodologías y procedimientos, los objetivos que persigue, las reglas y principios que la rigen y las causas que originan síntomas y problemas en la misma.
2. La influencia e importancia relativa de los factores de Distribución en Planta varían con cada organización y situación concreta; y la solución adoptada para la distribución debe conseguir un equilibrio entre las características y consideraciones de todos los factores, de forma que se obtengan las máximas ventajas.
3. Existen varias metodologías para realizar una Distribución en Planta eficiente, pero ninguna solución, por práctica que sea lo posee todo y por tanto estará sujeta a mejoras.

Capítulo II

Capítulo II: Caracterización de la UCF y selección del método de Distribución en Planta a emplear en la mini-planta de recuperación de agar-agar

En el presente capítulo se realizará una caracterización de la Sede Carlos Rafael Rodríguez de la Universidad de Cienfuegos (UCF). Se describirá el procedimiento de recuperación de agar-agar de los medios de desecho de la Biofábrica de Cienfuegos, así como el procedimiento a seguir para realizar la Distribución en Planta de la mini-planta propuesta, en las áreas del Departamento de Química de la Facultad de Ingeniería.

2.1- Caracterización de la UCF

La educación superior en la provincia Cienfuegos tiene sus orígenes en las actividades que la Universidad Central de Las Villas realiza en 1969 como parte de la preparación de profesores y estudiantes para participar en la zafra azucarera de 1970; a partir de este momento ha existido un ininterrumpido proceso de desarrollo hasta nuestros días.

En 1971 se inician los estudios de Ingeniería para trabajadores y comienza el curso diurno para estudiantes de Pedagogía. En 1972 se crea la Filial Universitaria, la cual posteriormente con fecha 6 de diciembre de 1979, se convierte en el Instituto Superior Técnico de Cienfuegos (ISTC); creciendo gradualmente su matrícula y espectro de carreras con dos facultades: Ingeniería y Economía. El ISTC tuvo una decisiva participación en la formación de especialistas de la recién creada provincia de Cienfuegos. Simultáneamente se desarrollan la Filial Pedagógica, la Facultad de Cultura Física y la Facultad de Ciencias Médicas.

En los 90 el antiguo ISTC es sometido a un proceso que es denominado como “integración”, caracterizado por la incorporación de las facultades de Cultura Física y la Filial Pedagógica; que en lo adelante se subdividiría a su vez en dos facultades más, la de Educación Primaria y la de Educación.

“Propuesta de distribución en planta de una mini planta de recuperación de agar-agar en la UCF.”

En 1991, por acuerdo del Comité Ejecutivo del Consejo de Ministros, las dos primeras entidades se integran en el Instituto Superior Técnico de Cienfuegos, que desde entonces amplía el espectro de sus perfiles académicos. Esta situación conllevó a fomentar un perfil más diverso y humanístico para el ISTC, que logra ser declarado como Universidad en 1994.

A partir del curso 1994-1995 comienza a trabajar con el enfoque de planeación estratégica, el cual concibe a las universidades como un sistema abierto y dinámico, sensible a la influencia externa y preparada para responder a las exigencias de sus clientes.

En 1998, la UCF recibe el nombre “Carlos Rafael Rodríguez” en honor al destacado intelectual cienfueguero.

En 1999 la Universidad “Carlos Rafael Rodríguez” arriba a su XX Aniversario de fundada con la apertura por primera vez en el país de la carrera de Licenciatura en Estudios Socioculturales. En el curso 2000-2001 inician su vida académica dos nuevas Facultades: “Ciencias Sociales y Humanísticas” y la Facultad de Informática.

Como parte de la universalización de la educación superior, a partir del año 2003, se crean ocho sedes universitarias, una en cada municipio, en las que se abren nuevas carreras de diferentes perfiles, con énfasis en las humanidades, la economía y las carreras agropecuarias.

En el año 2010, como parte del fortalecimiento de la estructura universitaria, se aprueba oficialmente un redimensionamiento de las estructuras y se crea la Facultad de Ciencias Agrarias, lo cual responde a la prioridad del desarrollo agropecuario del país.

En su sistema de trabajo de ciencia, innovación y postgrado, la Universidad contó hasta el cierre del curso 2010-2011 con cinco centros de estudios aprobados como forma organizativa de la educación superior para desarrollar áreas estratégicas en la investigación, la innovación y el postgrado. Los centros de estudios se crean en las líneas de investigación relacionadas con la energía y el

“Propuesta de distribución en planta de una mini planta de recuperación de agar-agar en la UCF.”

medio ambiente, la Oleohidráulica y la neumática, la mecánica aplicada, la didáctica y dirección de la educación superior, los estudios socioculturales y la transformación agraria sostenible.

El curso 2011-2012 comienza con la adopción de una nueva estructura universitaria. Se unifican las facultades de Informática e Ingeniería Mecánica, así como el Centro de Estudios de la Oleohidráulica y la Neumática (CEDON) y el Departamento de Mecánica en la Facultad de Ingeniería. La nueva Facultad de Ingeniería se fortalece e incorpora una nueva perspectiva ingenieril a la UCF.

Varios grupos de investigación y desarrollo, comienzan a consolidarse desde el año 2010, entre ellos el Grupo de Estudios Avanzados (GEA) y el Grupo de Desarrollo de Tecnologías Educativas (DGTED). El Centro de Recursos de Aprendizaje e Investigación (CRAI) se consolida en el año 2011, dando inicio a una nueva era de la gestión de la información y la comunicación.

En el curso 2013-2014, como parte del proceso de integración de centros de educación superior en el país a nivel de cada provincia, se integra la Universidad Pedagógica “Conrado Benítez” a la UCF, ampliando y fortaleciendo el carácter universal de los estudios que se realizan en la UCF. Este mencionado proceso de integración se encuentra en pleno desarrollo.

Actualmente la UCF está compuesta por dos sedes universitarias: “Carlos Rafael Rodríguez” y “Conrado Benítez”. Esto la compromete con el territorio y el país, por lo que su misión y visión han sido modificadas en los últimos años debido a la evolución de su objeto social. La misión social de la UCF en el contexto del proyecto social cubano está definida en su misión y visión, las cuales se describen a continuación.

Misión.

La UCF con un colectivo comprometido con la Revolución y el Socialismo, tiene como misión garantizar la formación integral y la superación continua de los profesionales que demanda la sociedad. Además, consolida, desarrolla y

“Propuesta de distribución en planta de una mini planta de recuperación de agar-agar en la UCF.”

promueve la ciencia, la innovación y la cultura acorde con las exigencias del desarrollo sostenible del territorio y el país.

Visión.

La UCF arriba al 2016 como:

- ✓ Fiel exponente de los principios revolucionarios, valores patrios y participa activamente en el perfeccionamiento del modelo económico cubano.
- ✓ Promotora de una cultura general, competencias y programas académicos al nivel de los estándares internacionales de acreditación.
- ✓ Entidad que garantiza a los profesionales del territorio la actualización sistemática al más alto nivel, con un claustro de excelencia que desarrolla en sus clases el debate científico, político e ideológico y son formadores de las nuevas generaciones de docentes.
- ✓ Institución que consolida las dimensiones humanistas, medio ambiental y económica en sus egresados, dotados de una adecuada expresión oral y escrita en la lengua materna, comunicación en idioma inglés con fines profesionales y que aplica las categorías marxistas acorde al área del conocimiento en que se ha graduado.
- ✓ Referente en la gestión de la ciencia, tecnología, innovación y extensión universitaria que impacta en las áreas de desarrollo petroquímico, agroindustria, vivienda, generación de energía, materiales de la construcción y de las ciencias física y matemática.
- ✓ Modelo de gestión integrada de los procesos universitarios que genera impactos en el desarrollo socioeconómico local.
- ✓ Institución que mantiene estrecha relación con otros centros de educación superior que permite a través del intercambio elevar la calidad y pertinencia de sus procesos con eficiencia y eficacia.
- ✓ Al margen de la misión y visión, en la UCF la formación de especialistas está basada en el mapa de proceso de formación, el cual se encuentra en continuo perfeccionamiento, acorde con las exigencias del entorno social en el cual se desempeñan los especialistas egresados de la UCF.

2.1.1- Mapa del proceso de formación en la UCF.

El proceso de formación de los recursos humanos en las universidades representa una activa interacción entre la sociedad y diferentes componentes de la Educación Superior cubana, donde cada una de ellas realiza aportes al ser humano que egresa integralmente con conocimientos, habilidades, valores y capacidad de transformación de su entorno social.

Como todo proceso, tiene un carácter sistémico, dinámico, en función de la mejora constante de la formación del egresado.

La UCF posee su propio Mapa del Proceso de Formación, el cual se muestra en la figura 2.1.

El Mapa de Procesos de Formación en la UCF está compuesto por tres subprocesos: Procesos Estratégicos, Procesos Misionales y Procesos de Apoyo.

Los Procesos Estratégicos contienen la Dirección Estratégica, la Gestión del Capital Humano, la Planificación y Gestión del Presupuesto y la Gestión del Conocimiento e Información. Los Procesos Misionales están relacionados con el Proceso de Proyección Social y la Ciencia e Innovación, encontrándose como centro la formación del profesional, que es el eje fundamental de misión de la UCF. Los Procesos de Apoyo tienen relación con la Gestión de Servicios Universitarios, el Registro y Control Económico y la Gestión de Relaciones Internacionales. Los Procesos Estratégicos y los Procesos de Apoyo están en función de los Procesos Misionales y por tanto tributan a los mismos, teniendo en cuenta la relevancia de los Procesos Misionales en el desempeño de la UCF y su función social.

De los tres subprocesos mencionados, en la presente investigación se hace énfasis en los Procesos Misionales, debido a la relación directa que tienen los mismos con la formación del profesional.

Como se puede apreciar, el núcleo de los Procesos Misionales es la Formación del Profesional, la cual puede ser de pregrado o postgrado. La Proyección Social

de los Procesos Misionales está definida por la actividad universitaria orientada a la sociedad, la cual de forma frecuente es llamada extensión universitaria o gestión extramuros donde deben participar los estudiantes como portadores de la actividad cultural. Desde otro punto de vista, la práctica laboral de los estudiantes también está relacionada con la Proyección Social, ya que inserta de forma temporal a los estudiantes con el mundo empresarial, participando en sus actividades, tanto productivas, como sociales.

La Ciencia, Tecnología e Innovación tienen una influencia directa en la formación de los estudiantes a través de dos vertientes. La primera está relacionada con las investigaciones que realizan los profesores e investigadores en su desempeño laboral y que generan actividades de postgrado. La segunda vertiente tiene vínculo con la participación de los estudiantes en la actividad investigativa de sus profesores y tiene una gran influencia en la formación científico técnico de los estudiantes.

Al ser el proceso de formación la actividad más importante de la UCF, se puede apreciar que los restantes procesos (Estratégicos y de Apoyo) están en función de la formación de los estudiantes y tributan directamente al mismo.

En el mapa de procesos, en su inicio se encuentran los clientes. Esto quiere decir que el proceso de formación siempre se inicia sobre la base de una necesidad social, o lo que es lo mismo, todo proceso de formación tiene que ser pertinente a las necesidades sociales de su entorno.

Al final del mapa de procesos también se encuentra el cliente, pero en esta ocasión como evaluador de los recursos humanos formados por la UCF. El proceso de mejora del proceso de formación se basa en la retroalimentación del cliente a la universidad para solucionar las deficiencias detectadas por los clientes o empleadores.

Esta retroalimentación define la mejora continua del proceso de formación de los recursos humanos en la UCF.

“Propuesta de distribución en planta de una mini planta de recuperación de agar-agar en la UCF.”

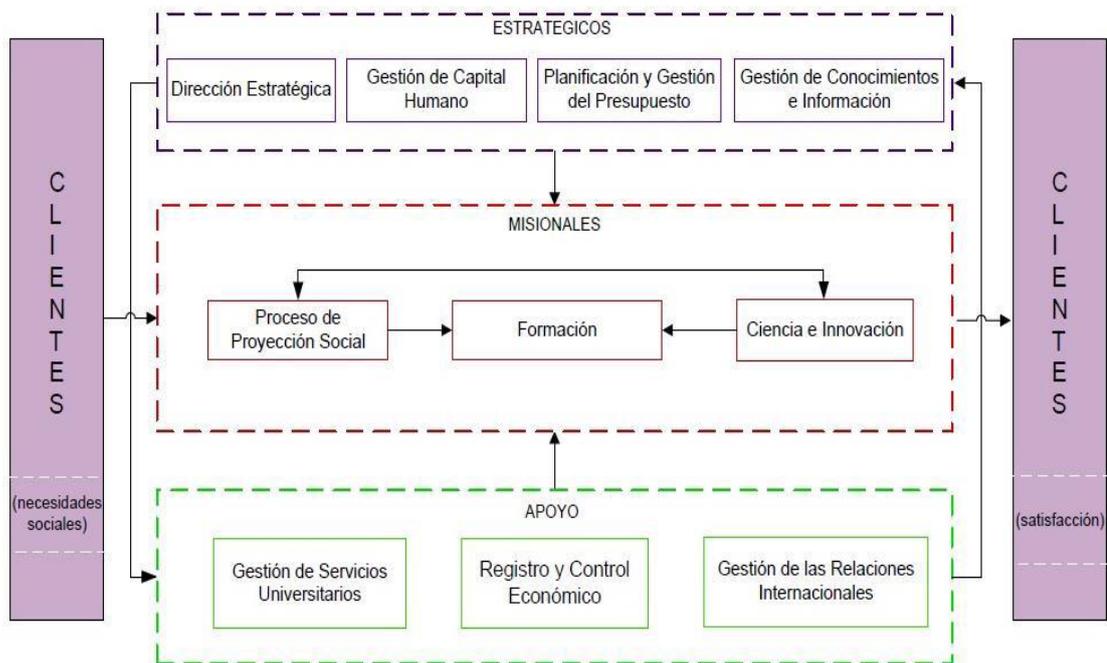


Figura 2.1 Mapa de procesos de la UCF. Fuente: Taillacq Blanco, Dayli 2013.

2.1.2- Estructura por facultades

Al iniciar el curso escolar 2015-2016 la estructura de la UCF estaba definida de la forma siguiente: 7 facultades, 40 departamentos, 7 centros universitarios municipales (CUM), 39 carreras y 16 direcciones. (García Varela, 2015)

“Propuesta de distribución en planta de una mini planta de recuperación de agar-agar en la UCF.”

De igual manera, al iniciar el curso escolar 2015-2016 García Varela, Guillermo (2015) la plantilla de la UCF estaba estructurada de la siguiente forma: 1089 trabajadores con categoría docente, de ellos 88 profesores titulares, 209 profesores auxiliares, 607 asistentes y 185 instructores. Además, cuenta con 570 trabajadores no docentes y 47 adiestrados. (ver figura 2.2)

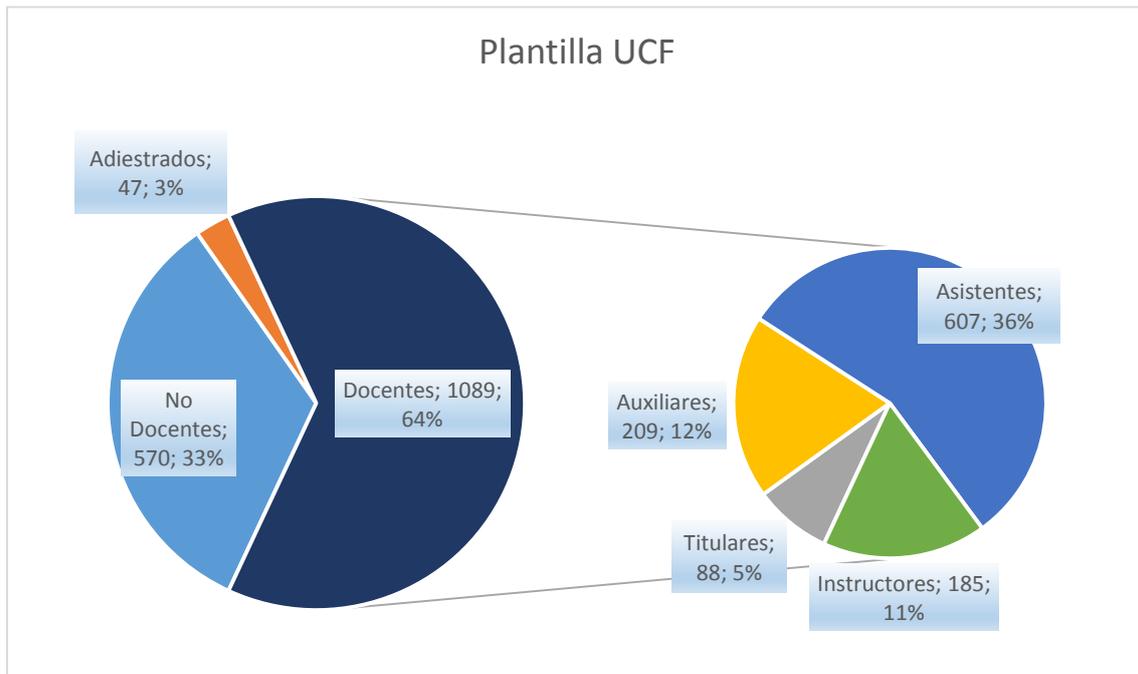


Figura 2.2 Plantilla de la UCF. **Fuente:** Elaboración propia

2.2- Descripción de la mini planta de recuperación de agar-agar.

Como está prevista la implementación de esta planta a modo de planta piloto para el desarrollo de habilidades y la formación integral de los estudiantes, a la postre, futuros ingenieros, serán ellos los encargados de la operación de la misma como experiencia laboral, llevando a cabo el proceso de recuperación bajo la supervisión de los profesores del departamento y el especialista designado. Hay que tener en cuenta que esta planta es algo novedoso, sin precedentes en el país y que tanto el diseño del equipamiento como el propio proceso de recuperación estarán sujetos a cambio a medida que se desarrolle en la práctica el procedimiento y se obtengan resultados. El agar recuperado estará destinado a la comercialización y tiene como destino final la Biofábrica para ser reutilizado en la producción de vitro plantas.

2.3- Descripción del proceso de recuperación de agar-agar

El medio de cultivo residual proveniente de la Biofábrica en forma de gel (cuya composición en agar varía entre 0.8 - 1.5 % de agar, menor del 1 % de sólidos insolubles y del 3.0 % de sólidos solubles y aproximadamente 96.0 % de agua) se transporta en cubetas plásticas hasta el Tanque de Fusión (TK-101) en el que es sometido al proceso de calentamiento por medio de corriente eléctrica durante 30 minutos, donde dicho medio alcanza una temperatura sobre los 85 °C. Una vez fundido, a través de una tubería por gravedad, se abre una válvula que está adjunta al tanque y se pasa al filtro Nutsch (F-101) para ser filtrado. Este filtro, que funciona a gravedad, separa de la solución casi la totalidad de los sólidos insolubles (residuos vegetales) en un tiempo de 5 minutos por medio de una malla de plástico. Después de la filtración, el medio se deposita en pequeñas cubetas las cuales se colocan en las mesas de gelificación (MG-101a 104), en las que se enfrían por contacto externo con agua fresca, proceso que se extiende a 30 minutos que gelifica. El agua se renueva en tres oportunidades.

Cuando se haya alcanzado este estado, las cubetas se colocan en soportes metálicos (parrillas) que se introducen en la cámara de congelación (CC -201) a una temperatura de -10 °C, para ser congeladas por un tiempo de 16 horas. Una vez alcanzado este tiempo las cubetas se extraen y el gel se deposita en las mesas de descongelación (MD-201 a 204), volteando el contenido de las cubetas aquí durante 6.30 horas donde se descongela y purifica a la vez. Las aguas madres de la descongelación son vertidas al drenaje y el gel es recogido en cubetas plásticas para su traslado hasta el tanque de fusión (TK-201) para repetir un nuevo ciclo de purificación conformado por la gelificación-congelación-descongelación. Para ello se le añade agua destilada en cantidad apropiada y se calienta hasta los 85 °C. Por último, este gel descongelado por segunda vez se somete a un proceso de secado en una Estufa (S-101) con circulación de aire a 70 °C de temperatura durante 7 horas, sobre nylon de polietileno como soporte en las bandejas soportes. El producto seco se envasa o se molina según convenga. En caso de interrupción del proceso por diversas causas ajenas al mismo (fallo del suministro de corriente eléctrica, avería o rotura de algún equipo, etc.) o alguna necesidad dado el tiempo del mismo, se deberá almacenar tanto

“Propuesta de distribución en planta de una mini planta de recuperación de agar-agar en la UCF.”

la materia prima procedente de la Biofábrica como el medio semiprocado en una nevera de almacenaje (CC-202) independiente de la cámara de congelación (CC-201). El diagrama de bloque para el proceso de recuperación se muestra en la figura 2.3.

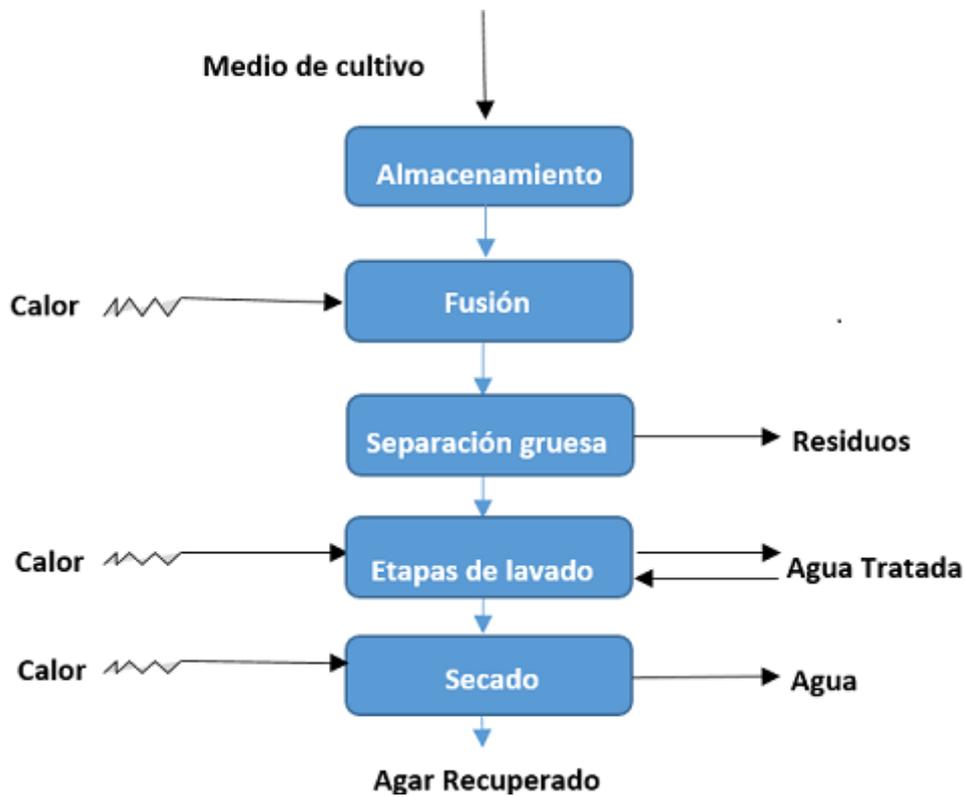


Figura 2.3: Diagrama de bloques de etapas del Proceso de Recuperación. **Fuente:** (Corona,2014).

Las características y nomenclatura de los elementos del proceso se describen en la tabla 2.1.

Tabla 2.1- Descripción de equipos y elementos del proceso. **Fuente:** Elaboración propia.

Equipo o elemento	Nomenclatura	Área Necesaria (m ²)*
Tanque cilíndrico con calentamiento. (2) (Tanques enchaquetados)	(TK-101) (TK-201)	1.14 c/u
Conjunto motor-agitador.	(ME-101)	-
Filtro Nutsch.	(F-101)	0.21
Nevera de Congelación.	(CC-201)	1.84
Mesa de descongelación. (4)	(MD-201 a 204)	0.9 c/u
Estufa eléctrica.	(S-101)	5.0
Molino de cuchillas.	(M-101)	0.3
Mesas de Gelificación. (4)	(MG-101 a 104)	0.9 c/u
Columna de Intercambio Iónico.	(CII)	0.4
Depósito de agua desionizada.	(AD)	0.5
Área de misceláneas	(AM)	4
Nevera de almacenaje.	(CC-202)	1.84
Área necesaria total		23.6

En la tabla anterior se pueden observar los equipos y elementos que intervienen en el proceso de recuperación de agar-agar, así como las áreas útiles que ocupan cada uno de los mismos.

*Área necesaria calculada de manera individual teniendo en cuenta el espacio estático (Ss), el espacio geométrico (Sg), el coeficiente de ocupación K para determinar el espacio de evolución (Se) según la fórmula $Se = K(Ss + Sg)$, siendo el coeficiente de ocupación $K=1$. Se asume este valor porque no hay ninguno específico para el tipo de planta en cuestión y se toma el máximo valor de K para una industria textil tejido, mueble, juguete.

2.4- Área disponible para realizar la implementación de la mini planta.

En la figura 2.4 se muestra el área destinada del departamento de química la cual cuenta con 56 m² disponibles para el laboratorio de operaciones unitarias, seleccionado para la realización del estudio de distribución en planta de la mini planta de recuperación de agar-agar.

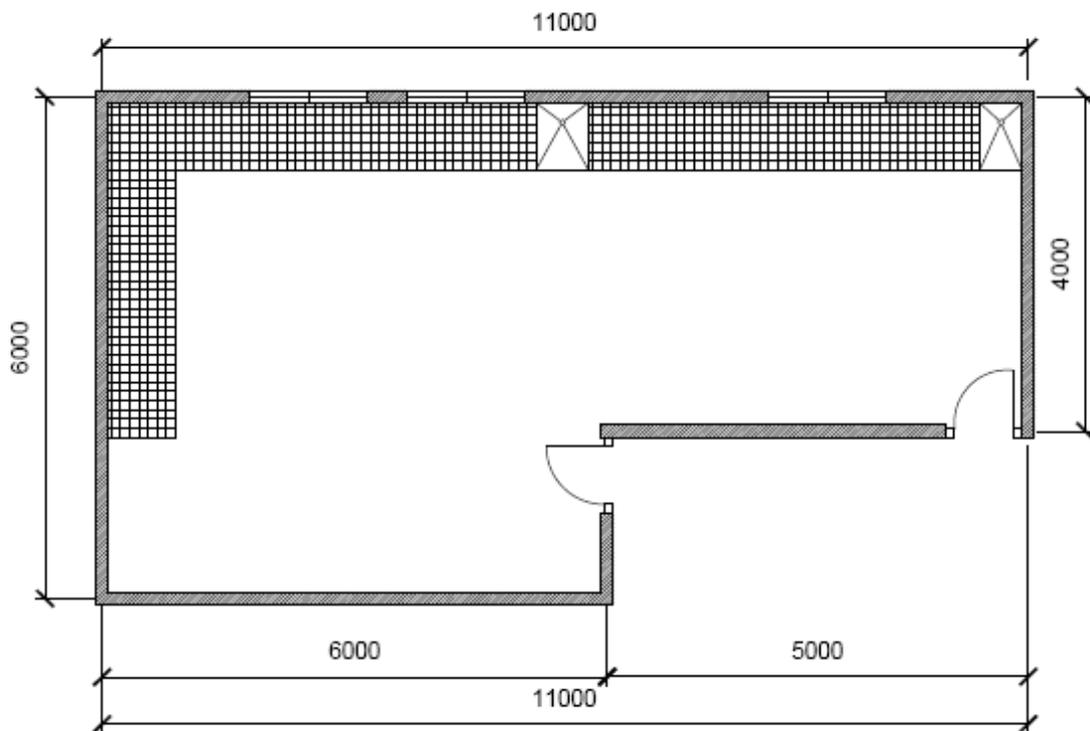


Figura 2.4: Área disponible para la distribución en planta. **Fuente:** Elaboración propia.

2.5- Selección del método de distribución en planta.

Debido a las características de la mini planta y de los métodos descritos en la bibliografía consultada, el autor de la presente investigación, después de realizar un análisis detallado del proceso de recuperación de agar-agar, selecciona el método SLP creado por Muther en la década del 60 que sigue siendo aún hoy en día, un puntal con lo relacionado con la Distribución en Planta de instalaciones.

2.5.1- Método de planeación sistemática de la distribución en planta (SLP).

Esta metodología conocida como SLP por sus siglas en inglés, ha sido la más aceptada y la más comúnmente utilizada para la resolución de problemas de distribución en planta a partir de criterios cualitativos, aunque fue concebida para el diseño de todo tipo de distribuciones en planta independientemente de su naturaleza. Fue desarrollada por Richard Muther en 1961 como un procedimiento sistemático multicriterio, igualmente aplicable a distribuciones completamente nuevas como a distribuciones de plantas ya existentes. El método reúne las ventajas de las aproximaciones metodológicas precedentes e incorpora el flujo de materiales en el estudio de distribución, organizando el proceso de planificación total de manera racional y estableciendo una serie de fases y técnicas que, como el propio Muther describe, permiten identificar, valorar y visualizar todos los elementos involucrados en la implantación y las relaciones existentes entre ellos (Muther, 1968).

Fases de Desarrollo del método SLP

Las cuatro fases o niveles de la distribución en planta, que además pueden superponerse uno con el otro, son según (Muther, 1981)

Fase I: Localización. Aquí debe decidirse la ubicación de la planta a distribuir. Al tratarse de una planta completamente nueva se buscará una posición geográfica competitiva basada en la satisfacción de ciertos factores relevantes para la misma. En caso de una redistribución el objetivo será determinar si la planta se mantendrá en el emplazamiento actual o si se trasladará hacia un edificio recién adquirido, o hacia un área similar potencialmente disponible.

Fase II: Distribución General del Conjunto. Aquí se establece el patrón de flujo para el área que va a ser distribuida y se indica también el tamaño, la relación, y la configuración de cada actividad principal, departamento o área, sin preocuparse todavía de la distribución en detalle. El resultado de esta fase es un bosquejo o diagrama a escala de la futura planta.

Fase III: Plan de Distribución Detallada. Es la preparación en detalle del plan de distribución e incluye la planificación de donde van a ser colocados los puestos de trabajo, así como la maquinaria o los equipos.

Fase IV: Instalación. Esta última fase implica los movimientos físicos y ajustes necesarios, conforme se van colocando los equipos y máquinas, para lograr la distribución en detalle que fue planeada.

Estas fases se producen en secuencia y según el autor del método para obtener los mejores resultados debe solaparse unas con otras.

A continuación, se describen de forma general los pasos del procedimiento:

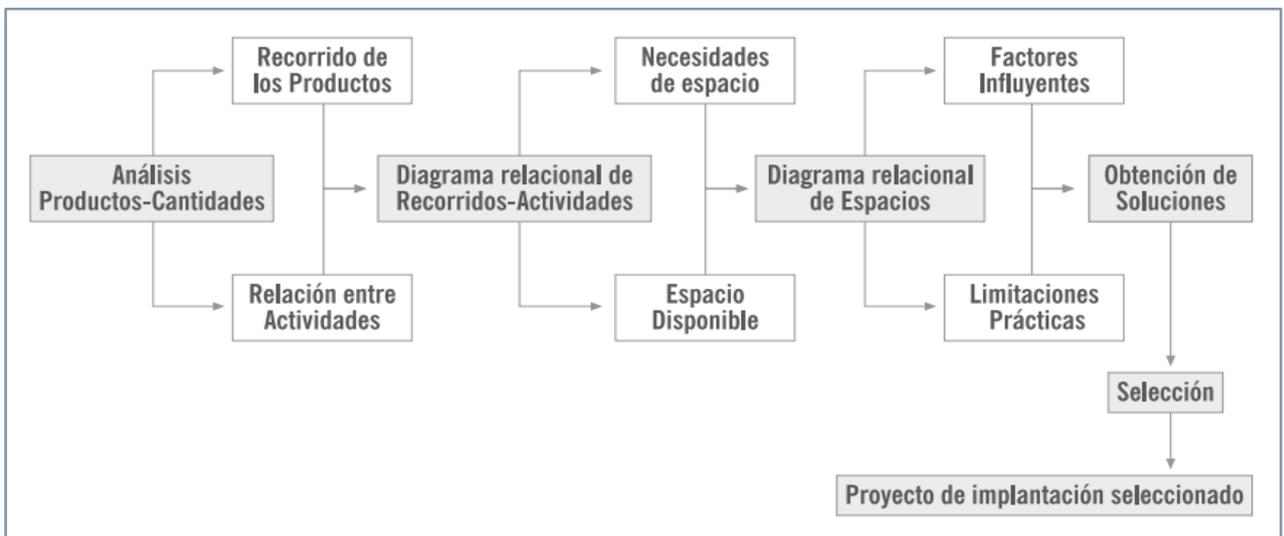


Figura 2.5: Esquema del Systematic Layout Planning. **Fuente:** Manual SLP.

Paso 1: Análisis producto-cantidad

Lo primero que se debe conocer para realizar una distribución en planta es qué se va a producir y en qué cantidades, y estas previsiones deben disponer para cierto horizonte temporal. A partir de este análisis es posible determinar el tipo de distribución adecuado para el proceso objeto de estudio. En cuanto al volumen de información, pueden presentarse situaciones variadas, porque el número de productos puede ir de uno a varios miles. Si la gama de productos es muy amplia, convendrá formar grupos de productos similares, para facilitar el

“Propuesta de distribución en planta de una mini planta de recuperación de agar-agar en la UCF.”

tratamiento de la información, la formulación de previsiones, y compensar que la formulación de previsiones para un solo producto puede ser poco significativa.

Posteriormente se organizarán los grupos según su importancia, de acuerdo con las previsiones efectuadas. (Muther,1981) recomienda la elaboración de un gráfico en el que se representen en abscisas los diferentes productos a elaborar y en ordenadas las cantidades de cada uno. Los productos deben ser representados en la gráfica en orden decreciente de cantidad producida. En función del gráfico resultante es recomendable la implantación de uno u otro tipo de distribución.

Paso 2: Análisis del recorrido de los productos (flujo de producción)

Se trata en este paso de determinar la secuencia y la cantidad de los movimientos de los productos por las diferentes operaciones durante su procesado. A partir de la información del proceso productivo y de los volúmenes de producción, se elaboran gráficas y diagramas descriptivos del flujo de materiales, utilizando la simbología que se muestra en la figura 2.6.

Símbolo	Descripción
●	Operación de producción
➔	Actividades de transporte: recepción, expedición, carga, etc.
▼	Almacenaje
■	Control
⌒	Servicios: mantenimiento, servicios para el personal, etc.
↑	Sectores de administración (fuera de la parte productiva o unidos)
⊔	Espera: almacenes intermedios, paradas, etc.

Figura 2.6: Símbolos de las actividades. **Fuente:** Manual de SLP.

Tales instrumentos no son exclusivos de los estudios de distribución en planta; solo pueden ser los mismos empleados en los estudios de métodos.

Entre estos se cuenta con:

- Diagrama OTIDA

“Propuesta de distribución en planta de una mini planta de recuperación de agar-agar en la UCF.”

- Diagrama de acoplamiento.
- Diagrama As-Is
- Cursogramas analíticos.
- Diagrama multiproducto.
- Matrices origen- destino.
- Diagramas de hilos.
- Diagramas de recorrido.

De estos diagramas no se desprende una distribución en planta, pero sin dudas proporcionan un punto de partida para su planteamiento. No resulta difícil a partir de ellos establecer puestos de trabajo, líneas de montaje principales y secundarias, áreas de almacenamiento, etc.

Paso 3: Tabla relacional de actividades

En la tabla relacional se reflejan las actividades y su relación mutua con el objetivo de evaluar la importancia de la proximidad entre cada dos. Además, tiene la ventaja de permitir el estudio de todas las actividades auxiliares y no únicamente las de transformación / producción.

Para su construcción se indican los motivos por lo que dos actividades deban estar cerca, que por ejemplo pueden ser las siguientes:

1. Utilizan la misma información
2. Comparten el mismo personal
3. Comparten el mismo espacio
4. Necesidad de comunicación personal
5. Necesidad de comunicación a través de documentos
6. Secuencia de flujo de trabajo
7. Realizan trabajo similar

8. Molestias y / o peligros

Así mismo deberá valorarse la necesidad de cercanía entre procesos mediante la codificación que se muestra en la figura 2.7 derecha, quedando conformada la tabla relacional de actividades en esta misma figura izquierda.

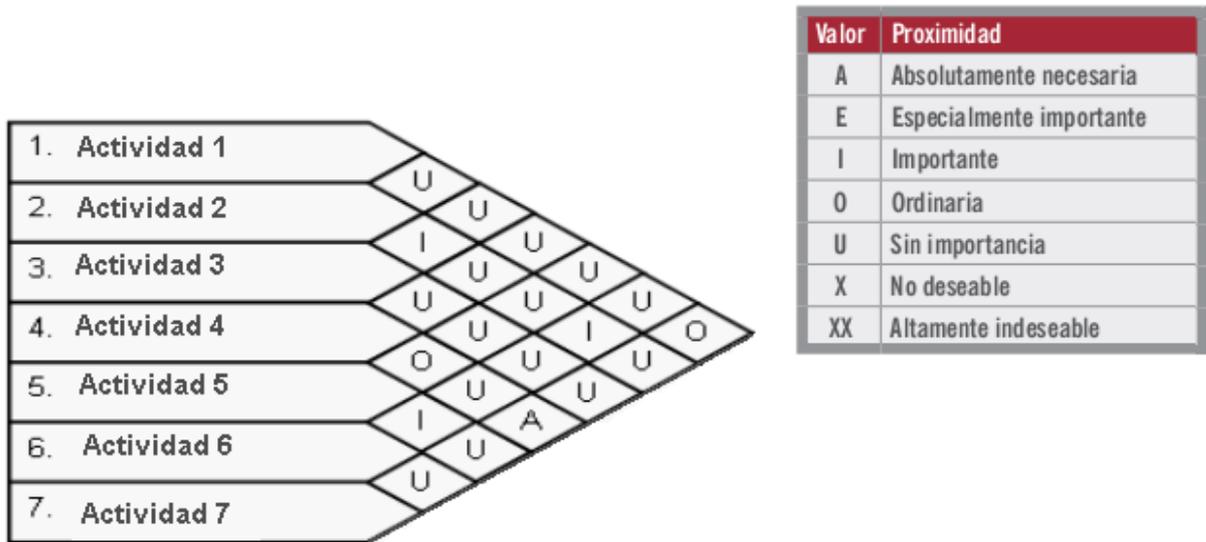


Figura 2.7: Tabla relacional de actividades y valoración de proximidad entre actividades. **Fuente:** Manual SLP.

Paso 4: Desarrollo del Diagrama Relacional de Actividades

La información recogida hasta el momento, referente tanto a las relaciones entre las actividades como a la importancia relativa de la proximidad entre ellas, es recogida en el Diagrama Relacional de Actividades. Éste pretende recoger la ordenación topológica de las actividades en base a la información de la que se dispone. De tal forma, en dicho grafo los departamentos que deben acoger las actividades son adimensionales y no poseen una forma definida.

El diagrama es un grafo en el que las actividades son representadas por nodos unidos por líneas. Estas últimas representan la intensidad de la relación (A, E, I, O, U, X) entre las actividades unidas a partir del código que se defina para identificarlo.

A continuación, este diagrama se va ajustando a prueba y error, lo cual debe realizarse de manera tal que se minimice el número de cruces entre las líneas

que representan las relaciones entre las actividades, o por lo menos entre aquellas que representen una mayor intensidad relacional. De esta forma, se trata de conseguir distribuciones en las que las actividades con mayor flujo de materiales estén lo más próximas posible (cumpliendo el principio de la mínima distancia recorrida, y en las que la secuencia de las actividades sea similar a aquella con la que se tratan, elaboran o montan los materiales (principio de la circulación o flujo de materiales).

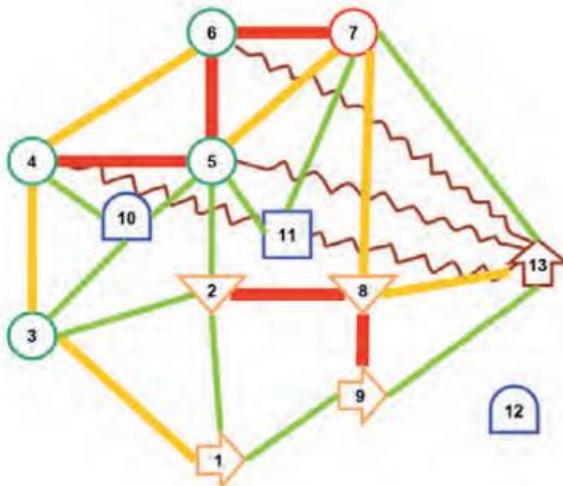


Figura 2.8: Diagrama relacional de recorrido y actividades. **Fuente:** Manual SLP.

Paso 5: Análisis de necesidades y disponibilidad de espacios

El siguiente paso hacia la obtención de alternativas factibles de distribución es la introducción en el proceso de diseño, de información referida al área requerida por cada actividad para su normal desempeño. El planificador debe hacer una previsión, tanto de la cantidad de superficie, como de la forma del área destinada a cada actividad.

Según Diego Más, no existe un procedimiento general ideal para el cálculo de las necesidades de espacio. El proyectista debe emplear el método más adecuado al nivel de detalle con el que se está trabajando, a la cantidad y exactitud de la información que se posee y a su propia experiencia previa. El espacio requerido por una actividad no depende únicamente de factores inherentes a sí misma, si no que puede verse condicionado por las

“Propuesta de distribución en planta de una mini planta de recuperación de agar-agar en la UCF.”

características del proceso productivo global, de la gestión de dicho proceso o del mercado.

Por ejemplo, el volumen de producción estimado, la variabilidad de la demanda o el tipo de gestión de almacenes previsto pueden afectar al área necesaria para el desarrollo de una actividad. En cualquier caso, según dicho autor, hay que considerar que los resultados obtenidos son siempre previsiones, con base más o menos sólida, pero en general con cierto margen de error. (Diego Más, 2006)

El ajuste de las necesidades y disponibilidades de espacio suele ser un proceso iterativo de continuos acuerdos, correcciones y reajustes, que desemboca finalmente en una solución que se representa en el llamado Diagrama Relacional de Espacios.

Paso 6: Desarrollo del Diagrama Relacional de Espacios

El Diagrama Relacional de Espacios es similar al Diagrama Relacional de Actividades presentado previamente, con la particularidad de que en este caso los símbolos distintivos de cada actividad son representados a escala, de forma que el tamaño que ocupa cada uno sea proporcional al área necesaria para el desarrollo de la actividad. (Ver figura 2.9).

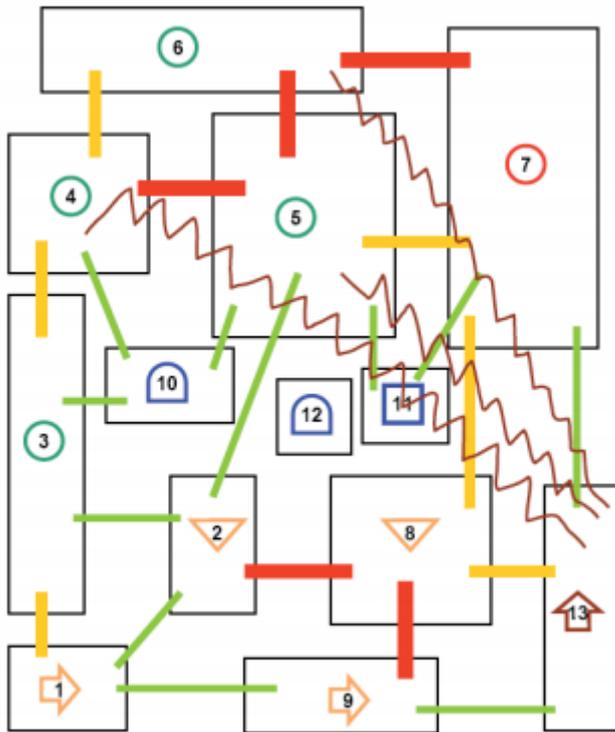


Figura 2.9: Diagrama relacional de espacios. **Fuente:** Manual SLP.

Paso 7: Elaboración de posibles soluciones.

Partiendo de toda la información que se obtiene del estudio anterior, se puede realizar varias soluciones para su posterior evaluación, de forma que se logre los requerimientos de minimización de recorrido y optimización de espacios.

Una forma para la reducción del recorrido de los materiales que además facilita la comunicación entre los trabajadores y su control por parte de los encargados, es realizar una **distribución en forma de “U”**, donde el inicio y el final del proceso se realizan en la misma zona. Esta forma de realizar el diseño de la distribución puede ser el punto de inicio para posteriores combinaciones.

Paso 8: Elección de la distribución definitiva.

Una vez obtenidas las posibles soluciones derivadas del estudio realizado se procede a escoger la solución definitiva, teniendo en cuenta los principios básicos de distribución en planta y el árbol jerárquico para la selección del mejor *layout*.

“Propuesta de distribución en planta de una mini planta de recuperación de agar-agar en la UCF.”

Además, serán tenidos en cuenta factores significativos como la adaptabilidad ante los cambios, flexibilidad de planteamiento, eficiencia de recorrido de los productos, utilización de la superficie, seguridad y salud en el trabajo y la utilización de la mano de obra.

2.6- Conclusiones parciales del capítulo.

1. Se determinó que el núcleo de los Procesos Misionales de la Universidad de Cienfuegos es la Formación del Profesional, por lo que una planta piloto resultaría una herramienta importante para el aprendizaje y el desarrollo de la investigación.
2. El procedimiento de recuperación de agar-agar es un proceso fundamentalmente físico, pero dado el número de equipos que intervienen y las características constructivas del local seleccionado, hace que sea necesario un estudio que permita ubicar de manera efectiva los puestos que actúan en el proceso diseñado.
3. Se seleccionó el método SLP de distribución en planta debido a que incorpora el flujo de materiales en el estudio de distribución

Capítulo III

Capítulo III: Propuesta de Distribución en Planta de la mini planta de recuperación de agar-agar.

En este capítulo se desarrolla el procedimiento seleccionado en el capítulo anterior para determinar la Distribución en Planta de la planta de recuperación de agar-agar a implementar a modo de planta piloto en las áreas del Departamento de Química de la Universidad de Cienfuegos UCF. Esta se desarrolla teniendo en cuenta las características constructivas de las instalaciones y los equipos diseñados en un estudio químico mecánico para recuperar el agar-agar de los medios de cultivos que desecha la Biofábrica de Cienfuegos, dando así un tratamiento a ese residual y disminuyendo su impacto ambiental, además de aportando un valor económico agregado al recuperar un bien totalmente importado y de elevado coste.

En este caso se puede considerar que concurren dos factores a considerar para realizar el estudio de Distribución en Planta. Se trata de un proceso nuevo, pero que hay que ajustar a las características constructivas de un edificio existente, con los servicios ya definidos y sus limitaciones, por tanto, hay que tratar de adaptar el producto, las instalaciones y el personal a las nuevas condiciones.

3.1- Procedimiento para desarrollo del método de Distribución en Planta. Systematic Layout Planning.

Para realizar el reordenamiento de la distribución de la Planta Procesadora se utiliza la metodología del SLP propuesta por Muther, mediante el plan de distribución en planta que sigue la secuencia lógica que se muestra a continuación en la figura 3.1.

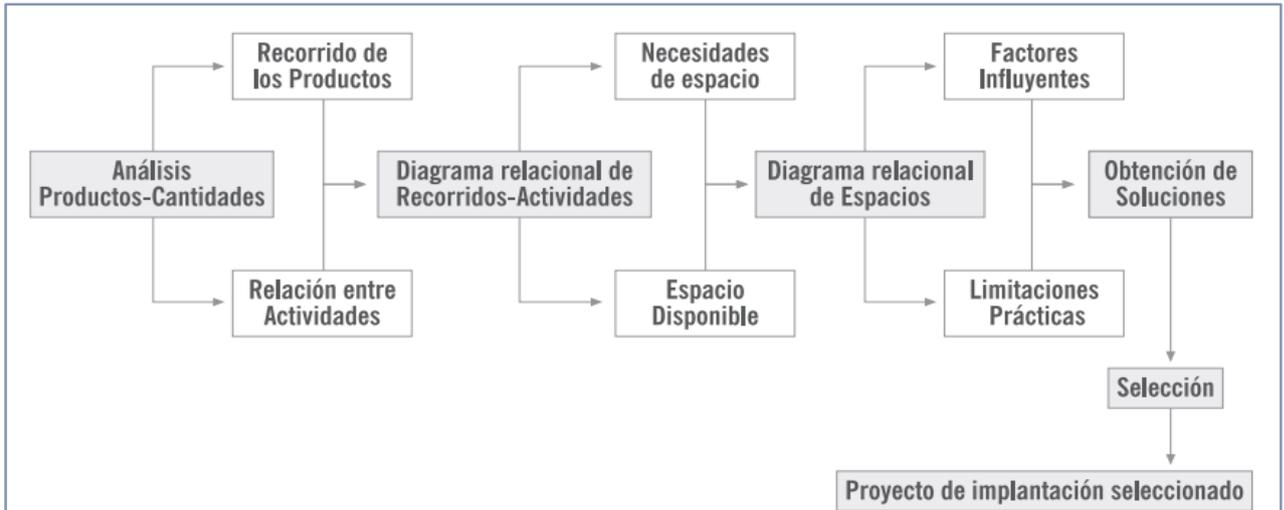


Figura 3.1: Esquema del Systematic Layout Planning. Fuente: Manual SLP.

3.2- Desarrollo del método Systematic Layout Planning para determinar la distribución de la planta de recuperación de agar-agar.

3.2.1- Análisis producto cantidad (PQ).

El primer paso es el análisis producto cantidad. Como el proceso en cuestión es para un único producto, se debe conocer que la producción anual de la Biofábrica es fija desde hace más de 5 años y que produce un monto de 500 000 vitro plantas anuales, trabajando 5 días semanales a razón de un turno de 8 horas al día. O sea, que trabajan 260 días al año produciendo un volumen de 60 L de medio de cultivo desechados al día, alcanzando un monto total de 15 600 L al año. Se propone por las características del proceso de recuperación una distribución híbrida del equipo.

3.2.2- Análisis del flujo de materiales.

En este paso se describe el flujo productivo para la recuperación de agar-agar según el método diseñado como se muestra en la figura 3.2.

“Propuesta de distribución en planta de una mini planta de recuperación de agar-agar en la UCF.”



Figura 3.2: Diagrama de flujo de la recuperación de agar-agar. **Fuente:** Elaboración propia.

El análisis Q-F se refiere a los análisis realizados al agar-agar recuperado para ver si cumple los requisitos de humedad y dureza necesarios para utilizarlo de nuevo en el proceso de obtención de vitro plantas.

3.2.3- Análisis de relación entre actividades.

Conocido el diagrama de flujo para el proceso de recuperación de agar-agar, se analizan las relaciones existentes entre las áreas de trabajo para la mini planta, evaluando además la importancia de proximidad entre ellas según la utilización de la codificación definida para este método, quedando de la manera que se muestra en la tabla relacional de actividades que se muestra en la figura 3.3:

“Propuesta de distribución en planta de una mini planta de recuperación de agar-agar en la UCF.”

Causas para establecer la relación entre ellas:

9. Utilizan la misma información.
10. Comparten el mismo personal.
11. Comparten el mismo espacio.
12. Necesidad de comunicación personal.
13. Necesidad de comunicación a través de documentos.
14. Secuencia de flujo de trabajo.
15. Realizan trabajo similar.
16. Molestias y / o peligros.

(1) Tanque de Calentamiento											
(2) Filtro	I 6,2,3										
(3) Área gelificación	A 2,6	I 2,6									
(4) Nevera congelación	X	X	A 2,3,6								
(5) Área descongelación	A 2,6	X	X	A 2,6							
(6) Estufa	XX	X	X	XX	E 6,4						
(7) Intercambio iónico	XX	XX	XX	XX	XX	XX					
(8) Agua desionizada	I 4,6	X	X	X	XX	XX	E 6				
(9) Nevera de almacenaje	O 2	X	U	X	X	XX	X	XX			
(10) Molino	XX	X	X	XX	XX	I 6	XX	XX	XX		
(11) Área de misceláneas	XX	U	U	U	U	XX	XX	XX	XX	XX	
	(1) Tanque de calentamiento	(2) Filtro	(3) Área gelificación	(4) Nevera congelación	(5) Área descongelación	(6) Estufa	(7) Intercambio iónico	(8) Agua desionizada	(9) Nevera de almacenaje	(10) Molino	(11) Área de misceláneas

Figura 3.3: Relación de actividades. Fuente: Elaboración propia.

3.2.4- Diagrama relacional de actividades.

Para la realización de este diagrama se le asigna la siguiente codificación de colores a cada valor de proximidad como se muestra en la figura 3.4.

“Propuesta de distribución en planta de una mini planta de recuperación de agar-agar en la UCF.”

Valor	Proximidad	Color
A	Absolutamente necesaria	—
E	Especialmente importante	—
I	Importante	—
O	Ordinaria	—
U	Sin importancia	—
X	No deseable	—
XX	Altamente indeseable	- - - - -

Figura 3.4: Codificación para valores de proximidad entre las áreas. **Fuente:** Elaboración propia.

Para organizar este gráfico se debe tener en cuenta que el número de cruces entre las líneas que representan las relaciones entre las actividades sea mínimo, o por lo menos entre aquellas que representan la mayor intensidad relacional (cantidad de movimientos).

Así, se van buscando las mejores iteraciones, de esta forma, se trata de que las áreas o puestos de trabajos de mayor flujo de movimientos estén lo más próximas posible, dando cumplimiento a los principios de distribución en planta de la mínima distancia recorrida y de flujo de materiales o de la circulación, como se muestra en la figura 3.5.

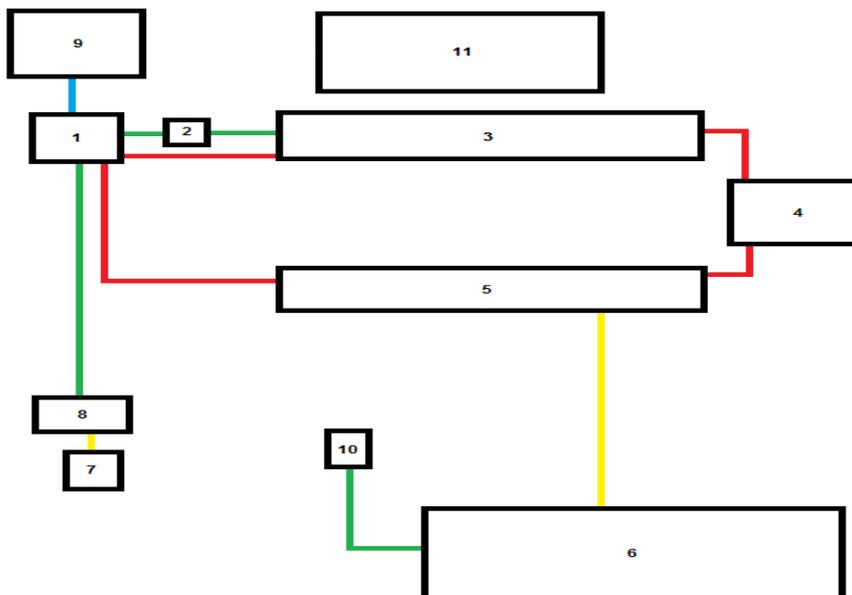


Figura 3.5: Diagrama de relaciones entre actividades. **Fuente:** Elaboración propia.

En este diagrama solo se representan las actividades propias del proceso de recuperación de agar-agar, no se representan las operaciones sin importancia, no deseables ni las altamente indeseables.

3.2.5- Diagrama relacional de espacios.

El diagrama relacional de espacio se obtiene representando gráficamente a escala los espacios necesarios para cada una de las operaciones implicadas sobre el diagrama de recorrido y/o actividades, teniendo en cuenta el espacio necesario para la ubicación de los puestos de trabajos y el espacio disponible con que cuenta la instalación.

3.2.6- Relación entre espacio necesario y espacio disponible.

Con el fin de conformar el diagrama relacional de espacios se tuvo en cuenta el área total disponible en los locales seleccionados para el desarrollo del estudio y las áreas que ocupan cada uno de los puestos de trabajo como se muestra en la tabla 3.1

Existen expresiones para calcular los requerimientos de espacio y es el llamado método de cálculo de superficie de P.F Guerchet, que proporciona el espacio total requerido en base a la suma de tres superficies parciales, que son **la superficie estática (Ss.), la gravitacional (Sg) y la evolutiva (Se)** (Cabanillas, 2004).

La superficie estática (Ss.) representa el área física que ocupa un equipo o puesto de trabajo.

$$Ss. = L * A$$

L y A, representan el largo y el ancho del puesto de trabajo.

Lo siguiente es calcular la superficie gravitacional (Sg) que representa el área que necesita un trabajador para el desempeño de su labor, calculándose de la de la siguiente manera:

$$Sg = Ss. N$$

Donde N es el número de lados operables de los equipos.

Por último, la superficie evolutiva (Se), que representa el área necesaria para circulación, se calcula así:

“Propuesta de distribución en planta de una mini planta de recuperación de agar-agar en la UCF.”

$$Se = K (Ss. + Sg)$$

Donde K es un coeficiente único para toda la planta, que está dado por la razón entre la altura media de los hombres u objetos desplazados sobre el doble de la cota media de máquinas o muebles. La superficie total será por tanto la suma de las superficies parciales de cada una de las máquinas o muebles del área.

Tabla 3.1: Relación de áreas necesarias y el área disponible. **Fuente:** Elaboración propia.

Equipo o elemento	Nomenclatura	Área Necesaria (m ²)*
Tanque cilíndrico con calentamiento. (2) (Tanques enchaquetados)	(TK-101) (TK-201)	1.14 c/u
Conjunto motor-agitador.	(ME-101)	-
Filtro Nutsch.	(F-101)	0.21
Nevera de Congelación.	(CC-201)	1.84
Mesa de descongelación. (4)	(MD-201 a 204)	0.9 c/u
Estufa eléctrica.	(S-101)	5.0
Molino de cuchillas.	(M-101)	0.3
Mesas de Gelificación. (4)	(MG-101 a 104)	0.9 c/u
Columna de Intercambio Iónico.	(CII)	0.4
Depósito de agua desionizada.	(AD)	0.5
Área de misceláneas	(AM)	4
Nevera de almacenaje.	(CC-202)	1.84
Área necesaria total		23.6
Área Total Disponible		56.0

Como se puede observar en la tabla anterior, el local seleccionado, dispone del espacio necesario para llevar a cabo la distribución de los equipos mostrados anteriormente y, por tanto, la propuesta de distribución en planta que resultará del estudio realizado.

Unificando la información de las áreas necesarias al diagrama relacional de recorrido-actividades se obtienen las variantes 1,2 y 3 del diagrama relacional de espacios. En las cuales se definen las distancias a recorrer entre los puestos de trabajos.

“Propuesta de distribución en planta de una mini planta de recuperación de agar-agar en la UCF.”

En la figura 3.6 se muestra la Variante 1 apoyándonos en el criterio químico mecánico donde se propone agrupar los equipos y áreas según el tipo de operación, definiendo dos secciones, una fría y una caliente, según la temperatura a la que operan dichos equipos. La distancia entre los equipos se representa en la figura 3.7 y la distancia recorrida total para el proceso es de 51,3 m.

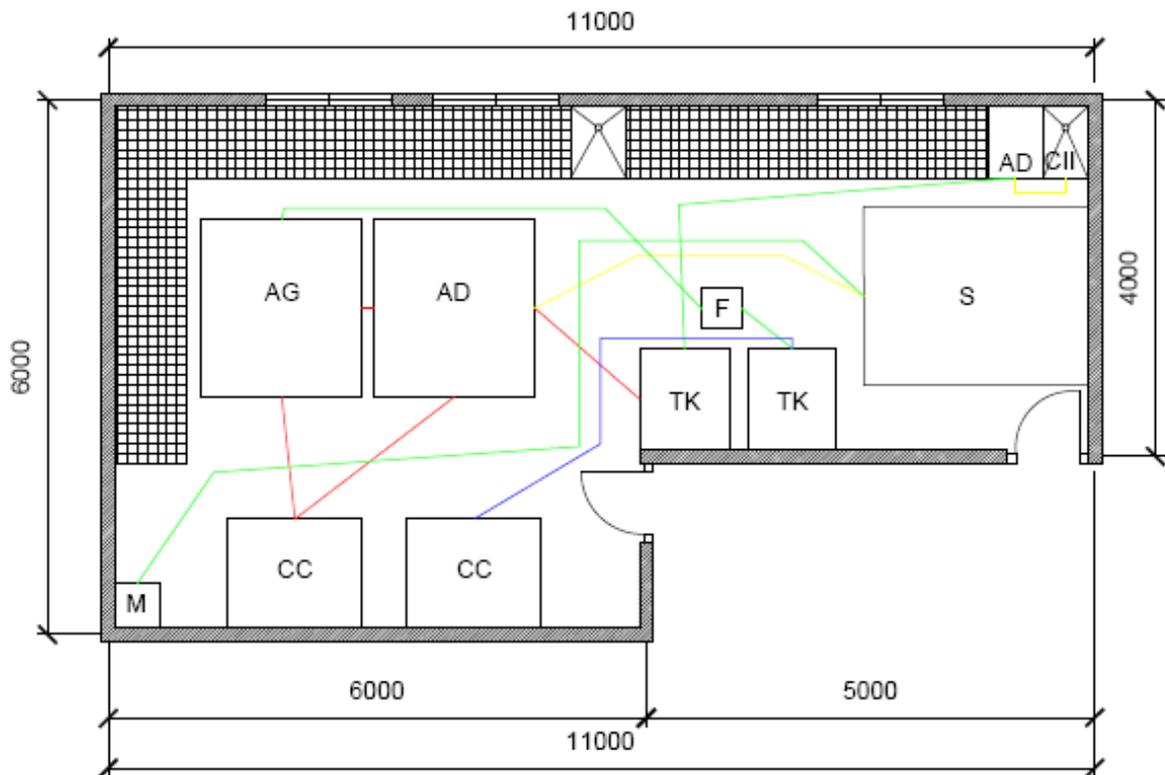


Figura 3.6: Variante 1 de distribución en planta. **Fuente:** Elaboración propia.

(1) Tanque de Calentamiento												
(2) Filtro	0,5											
(3) Área gelificación	6,0	5,5										
(4) Nevera congelación	0	0	2,0									
(5) Área descongelación	1,8	0	0	2,3								
(6) Estufa	0	0	0	0	4,8							
(7) Intercambio iónico	0	0	0	0	0	0						
(8) Agua desionizada	5,3	0	0	0	0	0	0					
(9) Nevera de almacenaje	6,0	0	0	0	0	0	0	0				
(10) Molino	0	0	0	0	0	12,8	0	0	0			
(11) Área de misceláneas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	(1) Tanque de calentamiento	(2) Filtro	(3) Área gelificación	(4) Nevera congelación	(5) Área descongelación	(6) Estufa	(7) Intercambio iónico	(8) Agua desionizada	(9) Nevera de almacenaje	(10) Molino	(11) Área de misceláneas	

Figura 3.7: Distancia entre los equipos y distancia total recorrida en la Variante 1. **Fuente:** Elaboración propia.

En la figura 3.8 se muestra la Variante 2. apoyándonos en el criterio de aprovechamiento de las áreas útiles de trabajo, de forma tal que la totalidad de áreas de los equipos sea inferior al área que se dispone, así como las menores distancias a recorrer para la distribución a proponer. La distancia entre los equipos se representa en la figura 3.9 y la distancia recorrida total para el proceso es de 41,7 m.

“Propuesta de distribución en planta de una mini planta de recuperación de agar-agar en la UCF.”

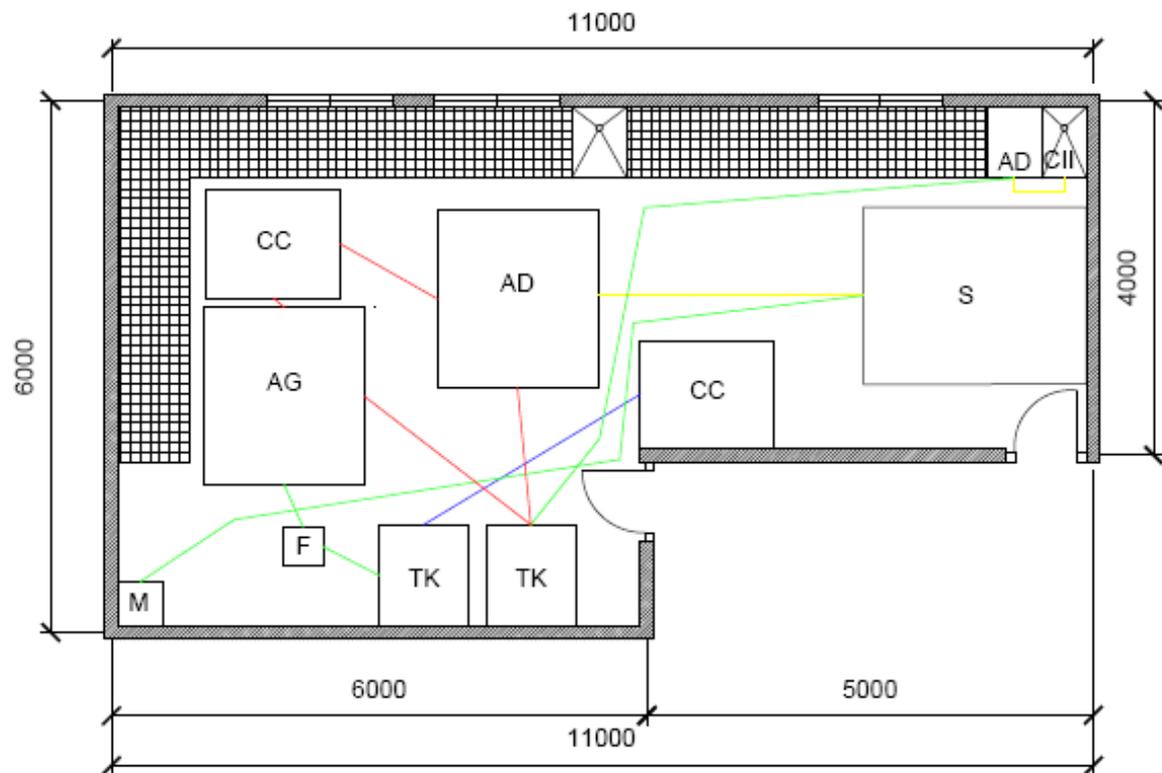


Figura 3.8: Variante 2 de distribución en planta. Fuente: Elaboración propia.

(1) Tanque de calentamiento											
(2) Filtro	0,5										
(3) Área gelificación	2,3	0,5									
(4) Nevera congelación	0	0	0,5								
(5) Área descongelación	2,0	0	0	1,5							
(6) Estufa	0	0	0	0	4,8						
(7) Intercambio iónico	0	0	0	0	0	0					
(8) Agua desionizada	11,3	0	0	0	0	0	0				
(9) Nevera de almacenaje	3,5	0	0	0	0	0	0	0			
(10) Molino	0	0	0	0	0	12,8	0	0	0		
(11) Área de misceláneas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	(1) Tanque de calentamiento	(2) Filtro	(3) Área gelificación	(4) Nevera congelación	(5) Área descongelación	(6) Estufa	(7) Intercambio iónico	(8) Agua desionizada	(9) Nevera de almacenaje	(10) Molino	(11) Área de misceláneas

Figura 3.9: Distancia entre los equipos y distancia total recorrida en la Variante 2. Fuente: Elaboración propia.

“Propuesta de distribución en planta de una mini planta de recuperación de agar-agar en la UCF.”

En la figura 3.10 se muestra la Variante 3 de la misma manera, nos apoyamos en el criterio de aprovechamiento de las áreas útiles de trabajo, de forma tal que la totalidad de áreas de los equipos sea inferior al área que se dispone, así como las menores distancias a recorrer durante el proceso para el cual se propone la distribución, quedando una mayor cantidad de área desocupada asegurando la adaptabilidad para cambios posteriores. La distancia entre los equipos se representa en la figura 3.11 y la distancia recorrida total para el proceso es de 19,9 m.

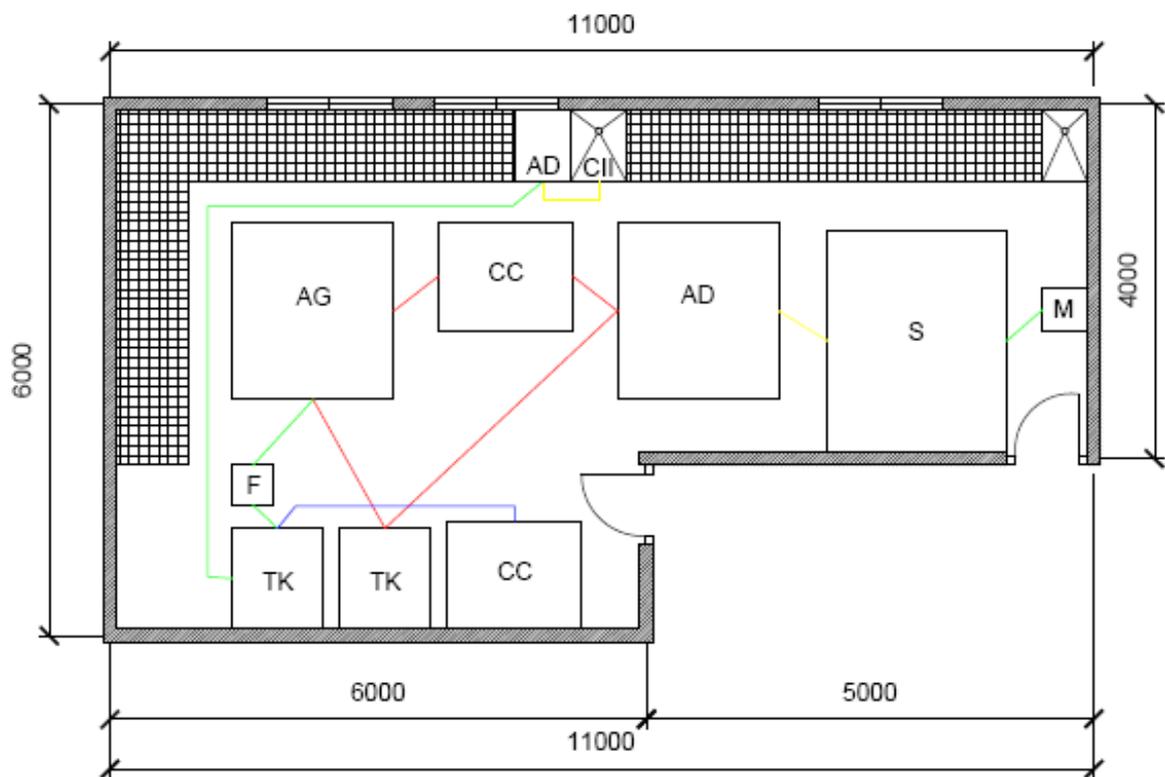


Figura 3.10: Variante 3 de distribución en planta. **Fuente:** Elaboración propia.

“Propuesta de distribución en planta de una mini planta de recuperación de agar-agar en la UCF.”

(1) Tanque de Calentamiento												
(2) Filtro	0,5											
(3) Área gelificación	1,8	1,5										
(4) Nevera congelación	0	0	1,0									
(5) Área descongelación	3,0	0	0	1,0								
(6) Estufa	0	0	0	0	1,0							
(7) Intercambio iónico	0	0	0	0	0	0						
(8) Agua desionizada	5,3	0	0	0	0	0	0					
(9) Nevera de almacenaje	2,3	0	0	0	0	0	0	0				
(10) Molino	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0			
(11) Área de misceláneas	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
	(1) Tanque de calentamiento	(2) Filtro	(3) Área gelificación	(4) Nevera congelación	(5) Área descongelación	(6) Estufa	(7) Intercambio iónico	(8) Agua desionizada	(9) Nevera de almacenaje	(10) Molino	(11) Área de misceláneas	

Figura 3.11: Distancia entre los equipos y distancia total recorrida en la Variante 3. **Fuente:** Elaboración propia.

3.2.7- Elección de la distribución definitiva.

Una vez obtenidas las posibles soluciones derivadas del estudio realizado se procede a escoger la solución definitiva, teniendo en cuenta los principios básicos de distribución en planta y el árbol jerárquico (ver figura 3.12) para la selección del mejor *layout*.

Tabla 3.2: Distancia total recorrida. **Fuente:** Elaboración propia.

Posibles soluciones	Distancia total recorrida (m)
Variante 1	51,3
Variante 2	41,7
Variante 3	19,9

En la tabla anterior se relaciona cada una de las variantes propuestas y la distancia total recorrida para la realización del proceso de recuperación de agar-agar.

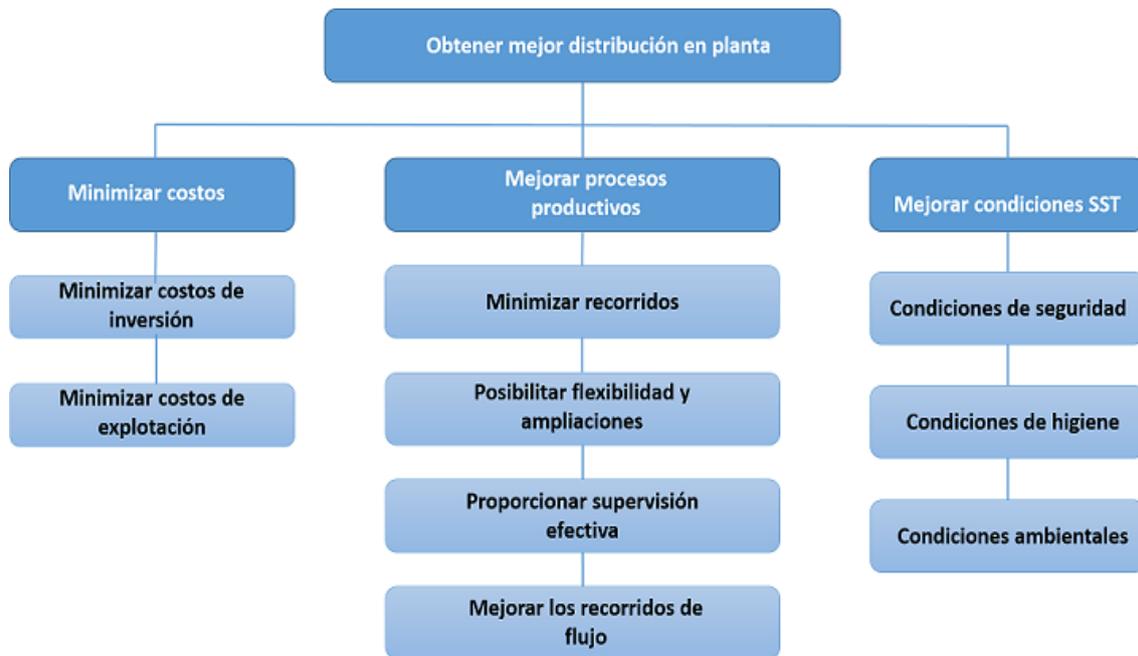


Figura 3.12: Árbol jerárquico para la selección del mejor *layout*. **Fuente:** Elaboración propia.

De todo el análisis realizado anteriormente podemos concluir que de las tres variantes propuestas se considera que la Variante 3 es la más apropiada para los requerimientos del proceso. Esta variante cumple con los requisitos que exige una correcta distribución espacial, permitiendo aplicar variantes y estrategias en caso de que existan cambios posteriores, pues aumenta la disponibilidad de áreas, garantizando flexibilidad y posibilidad de ampliaciones en el proceso productivo con un aumento en el volumen de la producción de desechos de la Biofábrica. Además, la Variante 3 implica menos distancias a recorrer con 19,9m. Hay que tener en cuenta que el movimiento de materiales en el proceso se realiza manualmente y en muchos casos con cubetas que suponen un peso adicional para los operarios, por lo que la disminución de la distancia recorrida es determinante para el bienestar de los mismos.

3.3- Conclusiones parciales del capítulo.

1. El análisis métrico del área disponible en el local seleccionado, arrojó que es capaz de instalar los equipos que intervendrán en el proceso de recuperación de agar-agar.
2. La variante seleccionada es la # 3 con un total de 19.9 m de recorrido y 12 movimientos.

Conclusiones

Conclusiones Generales.

1. La bibliografía consultada aporta a la investigación los elementos y conceptos fundamentales sobre la Distribución en Planta resaltando la existencia de diversas metodologías y procedimientos.
2. Existen varias metodologías para realizar una Distribución en Planta eficiente, pero ninguna solución, por práctica que sea, lo posee todo y por tanto estará sujeta a mejoras.
3. La actividad más importante de la UCF es garantizar la formación integral y la superación continua de los profesionales que demanda la sociedad.
4. El área disponible y el área total que ocuparían los equipos que intervienen en el proceso de recuperación de agar-agar, garantiza que se dispone del espacio necesario para realizar la propuesta de Distribución en Planta.
5. La variante seleccionada cumple con el principio del flujo de materiales o de circulación y de la mínima distancia recorrida con un recorrido de 19.9m.

Recomendaciones

“Propuesta de distribución en planta de una mini planta de recuperación de agar-agar en la UCF.”

Recomendaciones:

Programar un plan de inversiones para la implementación de la planta piloto de recuperación de agar-agar.

Capacitar al personal implicado del Departamento de Química, en la metodología de recuperación diseñada y someter a estudios el proceso con el fin de obtener mejoras y mayor rentabilidad.

Bibliografía

“*Propuesta de distribución en planta de una mini planta de recuperación de agar-agar en la UCF.*”

Bibliografía:

Ablan Bortone, N. (s.f.). Requerimientos de localización y gestión ambiental de la PYMI en el área metropolitana de Mérida. *XXXIV (27)*. Recuperado a partir de <http://ezproxy.uao.edu.co:2061/lib/bibliouaosp/detail.action?docID=10665075&p00=localizacion+operaciones>.

Ahmad, A. (2005). *An Intelligent Expert System for Decision Analysis and Support in Multi-Attribute Layout Optimization*. (Tesis de Doctorado). University of Waterloo Canadá.

Alberto, J, & Benavides, M. (2014). Diseño de planta de tratamiento de agua de ósmosis inversa.

Baca Urbina, G. (2013). *Evaluación de proyectos*. Recuperado a partir de <http://ezproxy.uao.edu.co:2061/lib/bibliotecauaosp/detail.action?docID=10747917&p00=m%C3%A9todos+t%C3%A9cnicas+localizaci%C3%B3n+instalaciones> 31.

Buffa, E.S. (1955). Sequence analysis for functionals layouts. *The Journal of Industrial Engineering*.

Cadena, J. (2015). Generación de empresas.

Cameron D.C. (1952). Travel charts. *Modern material handling magazine*.

Campaña, P. (2016). Diagrama de procesos. Recuperado a partir de <http://patty.blogspot.com/2013/01/diagrama-deprocesos.html>.

Carro Paz, R. & González Gómez, D. (2014). *Localización de instalaciones*. Recuperado a partir de

“*Propuesta de distribución en planta de una mini planta de recuperación de agar-agar en la UCF.*”

http://nulan.mdp.edu.ar/1619/1/14_localizacion_instalaciones.pdf.

Cidoncha, M.G. (2003). Estudio comparativo de las estrategias para la distribución del espacio en planta en los campos de la arquitectura e ingeniería.

Recuperado a partir de http://www.aepro.com/congreso_

[03/pdf/cidoncha@esi.us.es_7acd3572cc47c73478dae84ab29caad3.pdf](http://www.aepro.com/congreso_03/pdf/cidoncha@esi.us.es_7acd3572cc47c73478dae84ab29caad3.pdf).

Corona Martínez, R. (2014). Desarrollo de una tecnología de recuperación a partir de medios de desecho de biofábricas.

Diego Mas, J.A. (2006). *Optimización de la distribución en planta de instalaciones industriales mediante algoritmos genéticos. Aportación al control de la geometría de las actividades.* (Tesis de Doctorado). Politécnica de Valencia.

Diéguez Matellán, E., Gómez Figueroa, O. & Negrín Sosa, E. (2007). Localización y Distribución en Planta de instalaciones de producción y servicios.

Diéguez Matellán, E., Gómez Figueroa, O. & Negrín Sosa, E. (2006). Las decisiones de localización en la Administración de Operaciones.

Diéguez Matellán, E., Gómez Figueroa, O. & Negrín Sosa, E. (2007). Localización y Distribución en Planta de instalaciones de producción y servicios. Apuntes para un libro de texto.

Diéguez Matellán, E., Gómez Figueroa, O. & Negrín Sosa, E. (2006). Métodos de localización de instalaciones.

Figueroa, A. (2006). Redimensionamiento de la industria azucarera en Cuba.

Francis, R.L. & White, J.A. (1974). *Facility layout and location, an analytical approach.* Prentice-Hall INC.

García Varela, G. (2015). Informe Plantilla de la UCF.

“Propuesta de distribución en planta de una mini planta de recuperación de agar-agar en la UCF.”

- Gómez, A., Fernandez, I. & Parreño García, J. (s.f.). The Use of Genetic Algorithms to solve a plan Layout Problem.
- González Cruz, M. C. (2001). *Implantación y aplicación de una estrategia general de resolución de problemas basada en la teoría de las dimensiones del proyecto para la Elaboración de una metodología de resolución de layout. Estructuración de las técnicas necesarias.* (Tesis de Doctorado). Politécnica de Valencia.
- González García, J. L. (2005). *Aportación a la optimización multiobjetivo de la distribución en planta.* (Tesis de Doctorado). Politécnica de Valencia.
- Gutierrez, R. (s.f.). Facilities Design Analysis using production flow analysis and Point of Use Storage System.
- Heregu, S. (2006). Facilities Design. University of Louisville.
- Hernández Capote, D, R. G., & Ruiz Godoy, A. (2014). Folleto de ejercicios resueltos.
- Hernández Pérez, G. (2008). *Localización y distribución en planta de instalaciones.* La Habana: Pueblo y Educación.
- León, G. (2008). *Localización y distribución de planta: Un enfoque moderno.* (Tesis de Grado). Universidad Autónoma de Tamaulipas.
- Martínez Cantillo, N. M. (2008). Propuesta de mejora del proceso productivo en el taller de ventanas Empresa MICALUM. (Tesis de Grado). Cienfuegos: Universidad de Cienfuegos.
- Mora García, L. A. (2011). *Gestión logística en centros de distribución, bodegas y almacenes.* Colombia.: Ediciones Eco.

“*Propuesta de distribución en planta de una mini planta de recuperación de agar-agar en la UCF.*”

- Muñoz Cabaniñas, M. (2004). *Diseño de Distribución en Planta de una empresa textil*. Autónoma de Lima.
- Muther, R. (1981). *Distribución en planta*. (Segunda Edición.). Barcelona: Hispano-Europea.
- Muther, R. (1968). *Planificación y proyección de la empresa industrial (Método SLP)*. Barcelona: Técnicos Asociados S.A.
- Padrón Alfonso, Y, & Taillacq Blanco, D. (2013). *Identificación y normalización de competencias laborales de los cargos académicos claves de la Universidad de Cienfuegos Carlos Rafael Rodríguez*. tesis de grado.
- Partido Comunista de Cuba. (2011). *Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución*.
- Pérez Gosende, P A. (2008). *Metodologías para la resolución de problemas de distribución en planta*. Universidad de Matanzas.
- Salazar López, B. A. (2013). *Balanceo de línea*. Recuperado mayo 5, 2016, a partir de <http://ingenierosindustriales.jimdo.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/producci%C3%B3n/balanceo-de-l%C3%ADnea/>.
- Santamarina, M. C. (1995). *Métodos de optimización en la generación de distribuciones de plantas industriales mediante la aplicación de algoritmos genéticos y técnicas basadas en árboles de corte*. Doctoral, Politécnica de Valencia.
- Tompkins, A, White, A, & Bozer, A. (2010). *Facilities planning*.

“*Propuesta de distribución en planta de una mini planta de recuperación de agar-agar en la UCF.*”

Tompkins, J.A, & White, J.A. (1984). *Facilities planning*. Nueva York (E.U.A.): John Wiley & Sons.

Torres, C. (2010). Reorganización. Recuperado a partir de http://ecampus.fca.unam.mx/ebook/imprimibles/administracion/administracion_3/Unidad_7.pdf.

Vallhonrat Bou, J M, & Corominas Subias, A. (2009). Localización, distribución en planta y manutención. Recuperado a partir de <http://ezproxy.uao.edu.co:2061/lib/bibliouaosp/detail.action?docID=10345388&p00=m%C3%A9todos+t%C3%A9cnicas+localizaci%C3%B3n+instalaciones>.

Van Landeghem, H. (2007). Plant Layout Course – Session 4.

Vilbrandt, Frank. K.C. (1999). *Chemical Engeneering Plant Desing*. New York: McGraw - Hill.

Vivas, F. (2012). Distribución en planta. Recuperado a partir de <http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/distriplantarodri.htm>.

Voegtle, P. (2011). Keep it clean! Plant layout and design are keys to sanitation maintenance. Recuperado a partir de <http://www.albusiness.com/manufacturing /food-manufacturing/38488-1.html>.

Whoithe, G, & Hernández Pérez, G. (1986). *Fundamentos de la proyección de fábricas de construcción de maquinaria*. La Habana.: Pueblo y Educación.