

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

**Título: “Propuesta de Localización y Plan General de la
planta de Sulfonación – Sulfatación en la Empresa
Química y Farmacéutica de Cienfuegos (EQUIFA).”**

Tesis en opción al título de Ingeniero Industrial.

Autor: Jorge Luis López González

Tutores: Ing. Iskra Susana Montero Salabarría

Msc. Ing. Danny Daniel Hernández Capote

Cienfuegos, 2017

Declaratoria del autor

Hago constar que el presente trabajo fue realizado en la Universidad de Cienfuegos, como parte de la culminación de los estudios en la especialidad de Ingeniería Industrial; autorizando que el mismo sea usado por la institución para los fines que estime convenientes, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentado en eventos o publicado sin la autorización del instituto.

Firma del autor.

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido revisado según acuerdo de la dirección de nuestro centro y el mismo cumple con los requisitos que debe tener un trabajo de esta envergadura, referido a la temática señalada.

Información Científico

Computación

Firma del tutor

Pensamiento

*El especialista sabe cada vez más sobre menos hasta saber todo sobre
nada.*

*El generalista sabe cada vez menos sobre más hasta saber nada sobre
todo.*

George Bernard Shaw

A decorative horizontal scroll with a blue outline and a white fill. The scroll is slightly curved at the ends, resembling a ribbon or a scroll of paper. The word "Agradecimientos" is written in a blue, cursive script across the center of the scroll.

Agradecimientos

A mi tutora Iskra por sus conocimientos paciencia y entrega.

*A mi tutor Danny Daniel Hernández por su apoyo dedicación y
tiempo.*

A decorative horizontal scroll graphic with a blue outline and a drop shadow. The scroll is unrolled on the left and right sides, with the word "Dedicatoria" written in a blue cursive font in the center.

Dedicatoria

*A mis padres que me han impulsado toda la vida para que me convierta
en profesional.*

A mis hermanas por brindarme su ayuda y cariño.

A mi novia por ayudarme en los momentos difíciles.

A mis tutores por su dedicación, comprensión y paciencia.



Resumen

El presente trabajo se realizó en la Empresa Química y Farmacéutica de Cienfuegos, EQUIFA, titulado: “Propuesta de Localización y Plan General de la planta de Sulfonación – Sulfatación en la Empresa Química y Farmacéutica de Cienfuegos (EQUIFA)”, con el mismo se pretende obtener una propuesta de localización y plan general para la construcción de una nueva planta en el proceso de Sulfonación – Sulfatación para la producción de detergentes líquidos y champú. Se realiza una investigación documentada sobre las consideraciones teóricas generales de Localización y Plan General sirviendo como base para la investigación, así como también se caracteriza la entidad objeto de estudio, se definen las distancias mínimas entre los diferentes equipos tecnológicos que integraran parte de la nueva planta, asimismo se definen los métodos y herramientas que ayudan a medir, determinar y definir la ordenación de los equipos que intervienen dentro del proceso productivo, reduciendo así el recorrido de los materiales y personas. Para la propuesta de localización se utiliza el método de Media Geométrica debido a la exactitud de sus resultados, a través del criterio de los expertos se realiza la evaluación de las áreas propuestas. Para la proposición de plan general se utiliza el método (*Systematic Layout Planning*) SLP por las características técnicas que posee la nueva instalación, quedando seleccionado aquel que menos recorrido requiere durante el proceso productivo.



Abstract

The present work is realized at Cienfuegos Chemical and Pharmaceutical Company, EQUIFA, titled person: Proposal of Location and General Plan of Sulfonación – Sulfatación at the Chemical and Pharmaceutical Company of Cienfuegos (EQUIFA) ”, with the same it is intended to get out a proposal of location and general plan for the construction of a new plant in Sulfonación process – Sulfatación plant for the production of liquid detergents and shampoo. The investigation documented on Localization and General Plan theoretic general considerations suiting someone purposes like base for investigation comes true. As well as the entity is characterized object of study, they define the minimal distances between the different technological teams that integrate part of the new plant, in like manner they define methods and tools that help to take measurements, to determine and to define the sorting of the teams that interven within the productive process, reducing the journey of the materials that way and people. For the proposal of location it is used a Geométrica method due to the exactness of his results, through the expert opinion is used the evaluation of the proposed areas comes true. For the proposition of general plan (*Systematic Layout Planning*) SLP for the technical characteristics that you have the new installation uses the method itself, becoming that one that less journey requires during the productive process selectedly.



Índice	Pág
<i>Introducción</i>	1
<i>Capítulo 1: Consideraciones teóricas generales sobre localización y plan general de instalaciones</i>	8
1.1 Localización de instalaciones.	10
1.1.1 Consideraciones teóricas sobre la localización de instalaciones.	11
1.1.2 Tendencias y estrategias futuras en localización.	14
1.1.3 Factores que intervienen en la localización de una instalación.	14
1.1.4 Métodos de selección de localización.	16
1.1.5 Importancia de las decisiones de localización.	17
1.2 Plan general de instalaciones.	18
1.2.1 Consideraciones teóricas sobre plan general de instalaciones.	19
1.2.2 Fundamentos de Guía para un plan general.	19
1.2.3 Tipos de plan general.	24
1.2.4 Métodos de distribución en planta o plan general.	31
1.3 Conclusiones del capítulo.	32
<i>Capítulo 2: Caracterización de la empresa Química y Farmacéutica de Cienfuegos, EQUIFA</i>	34
2.1 Caracterización de la Empresa.....	34
2.2 Descripción del proyecto a desarrollar.	37
2.2.1 Parámetros técnicos de la inversión.	39
2.2.2 Redes Técnicas.....	40
2.2.3 Sistema de mantenimiento.....	41
2.2.4 Descripción del proceso.	41
2.3 Legislación, especificaciones y normas aplicadas a la inversión.....	43
2.3.1 Legislación del proceso inversionista (Decreto Ley 327).	44
2.3.2 Organismos rectores y Legislaciones aplicadas.	44
2.3.3 Regulaciones específicas de los organismos rectores.....	45
2.3.4 Condicionantes específicas de los organismos rectores.	46
2.3.5 Normas consultadas.....	47
2.3.6 Separación referencial entre diferentes equipos típicos dentro de una misma área.	49

2.4 Métodos a emplear para la propuesta de localización y plan general de la planta de sulfonación-sulfatación.....	50
2.4.1 Método de la media geométrica.	51
2.4.2 Método de planeación sistemática del plan general. (SLP).	51
2.5 Conclusiones del capítulo.	53
Capítulo 3: Propuesta de Localización y Plan General de la planta de Sulfonación – Sulfatación en la Empresa Química y Farmacéutica de Cienfuegos, EQUIFA.....	55
3.1 Criterio de expertos.....	55
3.1.1 Selección de expertos.	55
3.2 Selección de factores para la localización.	57
3.3 Selección de la ubicación de la planta.	60
3.4 Derrotero y límites del área resultante.	61
3.5 Procedimiento para desarrollo del método de Plan General. <i>Systematic Layout Planning</i> (SLP).....	62
3.5.1 Desarrollo del método <i>Systematic Layout Planning</i> (SLP) para determinar el plan general de la Planta Sulfonación – Sulfatación.....	63
3.6 Elección del plan general.....	80
3.7 Conclusiones parciales del capítulo.....	81
Conclusiones	83
Recomendaciones.....	85
Referencias Bibliográficas.....	87
Anexos	95



Introducción

Introducción

La evolución de los espacios industriales ha estado vinculada a los cambios en la actividad económica de la industria y a las condiciones del entorno. Estas transformaciones territoriales ocurridas en las últimas décadas conforman un nuevo escenario que genera nuevas oportunidades y a la vez enfrenta nuevos problemas, por lo que se requiere del desarrollo de modelos de crecimiento industrial más equitativos y sostenibles (Caravaca & Méndez, 2003).

Asimismo, los cambios en la actividad económica y las nuevas tendencias de tercerización determinan el tipo de infraestructura necesaria para desempeñar las funciones. Esta situación, en conjunto con las características propias de cada fábrica y proceso, requiere de un análisis complejo de la distribución de planta para su culminación exitosa (Vera, 2006).

“El área de los planos de instalaciones ha estado en desarrollo durante muchos años. A pesar de su larga herencia, es uno de los más populares en las publicaciones, conferencias e investigaciones actuales. En el pasado dicha actividad se consideraba, sobre todo una ciencia.” (Chávez, 2006. p.3).

La localización de plantas industriales se refiere al estudio que determina la ubicación más conveniente para su instalación, brinda la mayor rentabilidad de las operaciones respecto a su inversión o bien donde cumpla cabalmente con los objetivos de la empresa, ya sea económico o sociales. El proceso de ubicación del lugar para instalar una planta industrial requiere del análisis de diversos factores, desde el punto de vista económico, social, tecnológico y mercado. Se debe realizar un estudio de macro y micro localización, con el fin de contar con las condiciones e insumos donde se pueda materializar el proceso productivo, así como la distribución del producto al consumidor. Siguiendo el criterio de minimizar los costos de dichas producciones.

Tomar la decisión de localizar una planta industrial es particularmente importante para contribuir a los objetivos empresariales, por lo que no debe realizarse superficialmente; se debe analizar todas las alternativas antes de seleccionar el lugar donde la industria

opere en las mejores condiciones de costos, que tenga acceso a la infraestructura adecuada y un suministro estable de las materias primas.

La localización tiene por objeto analizar los diferentes lugares donde es posible ubicar el proyecto, con el fin de establecer el lugar que ofrece los máximos beneficios, los mejores costos, es decir en donde se obtenga la máxima ganancia, si es una empresa privada, o el mínimo costo unitario, si se trata de un proyecto social.

La importancia de las decisiones de localización viene justificada por dos razones principales. En primer lugar estas decisiones entrañan una inmovilización considerable de recursos financieros a largo plazo, pues las instalaciones son generalmente costosas, sobre todo si se trata de sofisticadas plantas de fabricación. Una vez construidas, la inversión efectuada no es recuperable sin sufrir graves perjuicios económicos, además del tiempo y el esfuerzo empleado. Por tanto se trata de una decisión rígida que compromete a la empresa durante un largo periodo de tiempo; no obstante, en algunos casos, la compañía puede optar por instalaciones menos costosas o por las, lo cual permite restarle rigidez a esta decisión.

Al surgir los diferentes problemas en cuanto a la búsqueda de la ordenación más económica y además flexible, de las áreas de trabajo, equipos, materiales y personal, es posible observar como la planeación y distribución de las instalaciones toma un nuevo significado, donde además de ser una ciencia se convierte en un arte que requiere de habilidades y experiencias. En la presente investigación se utiliza el término plan general por distribución en planta, dado que nuestro país utiliza esta metodología por las diferentes entidades y presenta un mayor dominio de este término en la práctica por los profesionales.

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. (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. (Mas, 2006).

Las necesidades que motivan el desarrollo de un proyecto de distribución en planta pueden comprender desde el diseño de una planta totalmente nueva hasta la redistribución de una ya existente. No obstante, los problemas de distribución y localización para el diseño de una planta totalmente nueva son más estudiados que los problemas de mejoramiento de plantas ya existentes, sin embargo, estos últimos se presentan con mayor frecuencia; pues, “En promedio, cada 18 meses ocurren redistribuciones importantes en plantas, como resultado de modificaciones en el diseño del producto, métodos, materiales y proceso (Meyers, Stephens & Matthew P.2006. p).

El beneficio de una adecuada disposición o distribución en planta debe ser no solo económico, debe contemplar también criterios de bienestar, condiciones laborales y la salud de los trabajadores. Por ello cada organización empresarial debe revisar cuidadosamente la disposición de sus áreas y puestos de trabajo para analizar en qué medida contribuyen estas a deficiencias de sus procesos. (Vega, 2009).

La distribución en planta comprende la disposición física de las posibilidades industriales, instaladas o en proyecto en incluye los espacios necesarios para el movimiento del material, almacenaje, mano de obra indirecta, actividades auxiliares, servicios y personal. Colocar máquinas y equipos de modo que se facilite el movimiento de materiales al costo más bajo y con mínima manipulación desde que se recibe la materia prima hasta que se entregan los productos. Segura y satisfactoria para los empleados (Muther, 1981).

Todas las plantas industriales se encuentran en algún momento con el problema de la distribución o disposición del equipo, ya que este se presenta solo con el hecho de introducir un equipo a la planta.

Es por eso que se denomina distribución en planta a todos aquellos casos en los que sea necesaria la disposición de unos medios físicos en un espacio determinado, ya esté prefijado o no, extendiéndose su utilidad tanto a procesos industriales como de servicios (por ejemplo: fábricas, talleres, grandes almacenes, hospitales, restaurantes, oficinas, etc.).(Vega, 2009).

El problema de distribución se complica por la dificultad de readaptar instalaciones ya existentes o desarrollar proyectos más flexibles, lo que trae como consecuencia la necesidad de nuevas herramientas para la gestión de proyectos de instalaciones industriales. Para Troncoso et al; (2005), resulta incuestionable que las concepciones sobre el proyecto de instalaciones basadas en un escenario presente incluidos los aspectos tecnológicos, económicos y financieros y sus posibles estados futuros son los que limitan temporalmente y en gran medida la viabilidad de este.

Actualmente Cuba se encuentra inmersa en un proceso de actualización del modelo económico. En el Sexto Congreso del Partido Comunista de Cuba se ha discutido y analizado el proyecto final de los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución actualizados en el 2016, los cuales son decisivos para el futuro socialista del país. Las máximas autoridades del país reconocen la importancia del sector industrial en el desarrollo del nuevo modelo económico que se construye y se refleja en los lineamientos aprobados. En correspondencia con el modelo de gestión económica referido al desarrollo industrial en específico el lineamiento 219 "...Intensificar el proceso de reestructuración y redimensionamiento del plantel industrial, lograr la concentración de capacidades dispersas y asegurar el empleo racional de instalaciones del equipamiento que quede en desuso...". Lineamiento 88..." trabajar sistemáticamente por parte de las empresas importadoras de maquinarias y equipos en la identificación de capacidades de fabricación nacional. Lineamiento 187 "...*Desarrollar las producciones químicas, ... entre ellas los fertilizantes y la sal. Avanzar en los estudios que posibiliten un mayor empleo de las producciones mineras nacionales a partir de rocas y minerales industriales...*". (Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución, 2011). En la actualidad la provincia de Cienfuegos se encuentra privilegiada con la inversión en varias esferas de su economía, entre ellas se encuentra la zona industrial.

La Empresa Química Farmacéutica (EQUIFA) ubicada en el territorio de Cienfuegos la cual cumple con la misión de producir, comercializar abonos y productos químicos, es una dependencia del Grupo Empresarial de la Industria Química, adjudicada al Ministerio de Industria (MINDUS), EQUIFA realiza sus producciones para un mercado nacional centrado en la farmacéutica específicamente en las producciones dispensariales de todo el país y otras producciones químicas variadas, (colonias, desinfectantes, etc.).

La construcción de la Planta de Sulfonación – Sulfatación es un proyecto en desarrollo de la empresa EQUIFA. La importancia fundamental radica en disminuir los costos de importación mediante la sustitución de importaciones de productos procesados por materias primas para la producción de detergentes y otros productos de higiene personal, permitiendo además, cubrir la demanda nacional de los mismos. Las producciones obtenidas por la puesta en explotación del proyecto en las condiciones previstas en los planes de producción, permitirá al país ahorrar 16 MMUSD anuales como promedio. Esto hace que sea necesario proponer una localización y plan general que logre el aprovechamiento de las áreas disponibles existentes para la instalación de la planta.

Justificación de la investigación

Necesidad de realizar una localización y plan general de la planta de Sulfonación – Sulfatación logrando el aprovechamiento de las áreas disponibles dentro de la empresa para así lograr disminución de importaciones.

Problema de Investigación

¿Cómo lograr una localización y plan general factible garantizando la organización y el funcionamiento adecuado de la planta de Sulfonación– Sulfatación?

Objetivo General

Realizar una propuesta de localización y plan general de una nueva planta para la elaboración de Lauril Éter Sulfato de Sodio y Acido Dodecil Benceno Sulfonado para la producción de detergentes líquidos y champú en la empresa EQUIFA.

Objetivos específicos

1. Realizar una búsqueda bibliográfica de los aspectos teóricos referidos a la localización y plan general, que sirvan de base para la presente investigación.
2. Caracterizar la empresa EQUIFA, así como describir el proceso de la planta Sulfonación – Sulfatación.
3. Realizar una descripción de los aspectos técnicos necesarios a tener en cuenta para el desarrollo de una inversión según la legislación vigente, así como

establecer las distancias mínimas entre el equipamiento que intervendrán en el proceso.

4. Emplear métodos y herramientas propias de distribución en planta para obtener una adecuada localización y plan general.

La investigación queda estructurada en tres capítulos los cuales se describen a continuación:

Capítulo I: Se analizan las consideraciones teóricas generales sobre localización y plan general de instalaciones, obtenidas a partir de la bibliografía consultada. Que sirve como base a la presente investigación.

Capítulo II: Se caracteriza la empresa EQUIFA, donde se describen los procesos identificados en el mapa de procesos actual, se realiza un análisis detallado del proceso de la planta Sulfonación – Sulfatación. Se muestra una descripción de los aspectos técnicos necesarios a tener en cuenta para el desarrollo de una inversión según la legislación vigente, así como también se definen los métodos y herramientas a utilizar para el desarrollo de la propuesta de localización y plan general.

Capítulo III: Se aplican métodos y herramientas para realizar la propuesta de localización y plan general de la planta Sulfonación – Sulfatación. Seleccionando a través del criterio de expertos los factores cuantitativos para la localización y plan general más adecuado.



Capitulum I

Capítulo 1: Consideraciones teóricas generales sobre localización y plan general de instalaciones.

En el presente capítulo se realiza una revisión bibliográfica de los criterios emitidos por diversos autores mediante el análisis de sus puntos de vista en base a los temas de localización y plan general, mostrando en forma organizada las ideas básicas sobre los temas definidos. Se exponen los principales factores a tener en cuenta para realizar estudios de localización y plan general de instalaciones.

El Hilo Conductor para el presente capítulo (Ver figura 1.1) muestra de forma clara los diferentes aspectos tratados para obtener una revisión bibliográfica a la altura que el tema merece. Vinculando desde aspectos generales tratados por los clásicos y bibliografía autorizada; hasta enfoques y experiencias cubanas.

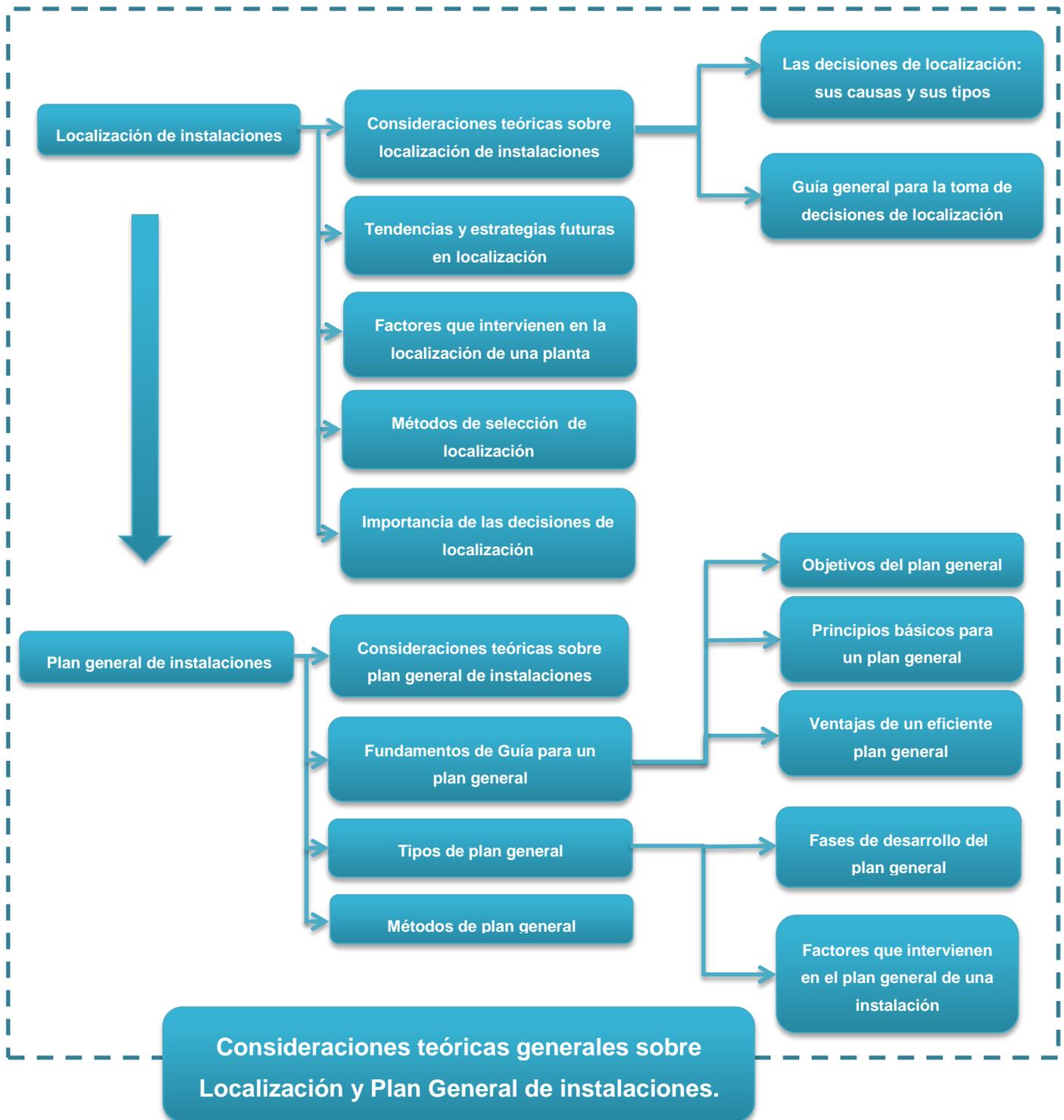


Figura 1.1: Hilo Conductor. Fuente: Elaboración propia.

1.1 Localización de instalaciones.

Las decisiones de localización forman parte del proceso de formulación estratégica de la empresa. Una buena selección puede contribuir a la realización de los objetivos empresariales, mientras que una localización desacertada puede conllevar un desempeño inadecuado de las operaciones. La tarea de selección de emplazamiento es propia de la alta dirección de la empresa, auxiliada por asesores en economía, en ingeniería y en dirección de empresas, ya que las características de la localización tendrán gran influencia en el *layout* de la fábrica y por tanto en la eficacia de la producción.

El término localización puede definirse como: El lugar físico donde se realiza la actividad productiva, es decir, el emplazamiento hasta el que es preciso trasladar los factores de producción, y en el que se obtienen los productos que finalmente deberán de ser llevados al mercado (Gómez, Diéguez, Negrín, & Pérez, 2007).

La localización determina la ubicación más conveniente para instalar la planta industrial, que brinde la mayor rentabilidad de las operaciones respecto a su inversión, o bien donde cumpla cabalmente con los objetivos de la empresa ya sean económicos o sociales (Vallhonrat & Corominas, 1991).

La localización correcta de una planta es tan importante para su buen éxito como la selección de un buen proceso. Debe estudiarse cuidadosamente no sólo la mayoría de los factores tangibles como las disponibilidades de mano de obra y las fuentes de materia prima, sino también, un gran número de factores intangibles que son más difíciles de evaluar. La selección de una planta debe basarse en un estudio muy detallado en el que deben tomarse en cuenta todos los factores tanto como sea posible. A menudo un estudio así, es costoso, pero las falsas economías en este concepto pueden conducir a grandes pérdidas en el futuro. Los aspectos teóricos son extremadamente interesantes y, en general, provienen de la obra clásica de Weber publicada en 1909 en alemán y traducida al inglés en 1928. Se han publicado muchos esquemas y listas de comprobación excelentes, que ayudan en los estudios para la localización de la planta enumerando los factores que deben considerarse (Dilworth, 1992).

1.1.1 Consideraciones teóricas sobre la localización de instalaciones.

La localización de instalaciones se realiza a través de dos etapas, siendo la primera, la localización general mediante el uso de métodos y la segunda etapa, la selección de un punto o zona por parte del decisor a través de su sentido común (Ballou, 1991). Al respecto Whoite & Hernández (1986), consideran las dos etapas en las que se realiza la localización de instalaciones definiéndolas como:

1. **Macrolocalización:** Es la distribución de las inversiones sobre la base de los planes de ordenamiento territorial, definiendo la provincia, ciudad o territorio para su localización.

2. **Microlocalización:** Determinación del lugar preciso para la ubicación de la instalación dentro de la provincia, el territorio o la ciudad, previamente elegido y aprobado en la macrolocalización, así como las características del terreno seleccionado. La selección previa de una macrolocalización permitirá, a través de un análisis preliminar, reducir el número de soluciones posibles, descartar los sectores geográficos que no corresponden a las condiciones requeridas del proyecto (Siguas, 2011).

Microlocalización, conjuga los aspectos relativos a los asentamientos humanos, identificación de actividades productivas, y determinación de centros de desarrollo. Selección y delimitación precisa de las áreas, también denominada sitio, en que se localizará y operará el proyecto dentro de la macro zona (Whoite & Hernández, 1986).

1.1.1.1 Las decisiones de localización: sus causas y sus tipos.

Las decisiones de localización podrían catalogarse de infrecuentes; de hecho algunas empresas sólo la toman una vez en su historia. La frecuencia con que se presenta este tipo de problemas depende de varios factores, entre ellos podemos citar el tipo de instalaciones (es mucho más común en las tiendas o puntos de venta que en fábricas) o el tipo de empresa (las de servicios suelen necesitar más instalaciones que las industriales) (Siguas, 2011).

Entre las diversas causas que originan problemas ligados a la localización, podríamos citar:

1. Un mercado en expansión, que requerirá añadir nueva capacidad, la cual habrá que localizar, bien ampliando las instalaciones ya existentes en un emplazamiento determinado, bien creando una nueva en algún otro sitio.
2. La introducción de nuevos productos o servicios, que conlleva una problemática análoga.
3. Una contracción de la demanda, que puede requerir el cierre de instalaciones y/o la reubicación de las operaciones
4. El agotamiento de las fuentes de abastecimiento de materias primas también puede ser causa de la relocalización de las operaciones.
5. La obsolescencia de una planta de fabricación por el transcurso del tiempo o por la aparición de nuevas tecnologías.
6. La presión de la competencia, que, para aumentar el nivel de servicio ofrecido, puede llevar a la creación de más instalaciones o a la relocalización de algunas existentes.
7. Cambios en otros recursos, como la mano de obra o los componentes subcontratados.
8. Las fusiones y adquisiciones entre empresas pueden hacer que algunas resulten redundantes o queden mal ubicadas con respecto a las demás.

Los motivos mencionados son sólo algunos de los que pueden provocar la toma de decisiones sobre las instalaciones o, al menos, llevar a la empresa a reexaminar la localización de las mismas. Independientemente de cuáles sean las razones que lleven a ello, las alternativas de localización pueden ser de tres tipos, las cuales deberán ser evaluadas por la empresa antes de tomar una decisión definitiva:

Expandir una instalación existente. Esta opción sólo será posible si existe suficiente espacio para ello. Puede ser una alternativa atractiva cuando la localización en la que se encuentra tiene características muy adecuadas o deseables para la empresa. Generalmente origina menores costes que otras opciones, especialmente si la expansión fue prevista cuando se estableció inicialmente la instalación.

Añadir nuevas instalaciones en nuevos lugares. A veces ésta puede resultar una opción más ventajosa que la anterior (por ejemplo si la expansión provoca problemas de sobredimensionamiento o de pérdida de enfoque sobre los objetivos de las operaciones). Otras veces es, simplemente, la única opción posible. En todo caso, será necesario considerar el impacto que tendrá sobre el sistema total de instalaciones de la empresa.

1.1.1.2 Guía general para la toma de decisiones de localización.

Es un procedimiento característico para iniciar un estudio de localización. Parte del momento en que ha sido detectada la necesidad de localizar una nueva instalación o de relocalizar una ya existente, tras haber desechado otras posibles soluciones. Determinada y justificada la necesidad de iniciar un estudio de localización será necesaria gran cantidad de información, buena parte de la cual no estará contenida o elaborada en los sistemas de información de la empresa, por lo que será necesario acudir a otras fuentes, tales como publicaciones especializadas, agencias gubernamentales, cámaras de comercio, entidades financieras, consultores, agencias de transporte, etc.

En cualquiera de los niveles mencionados. El análisis de la localización abarcaría las siguientes fases (Ver figura 1.2):

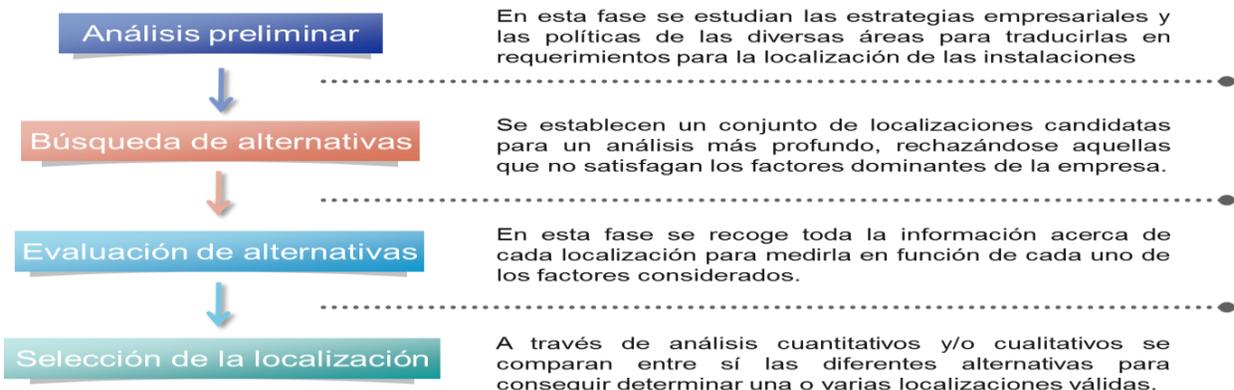


Figura 1.2. Fases del procedimiento de análisis de la localización. **Fuente:** (Domínguez et. al., 1995).

Dado que, en general habrá una alternativa que sea mejor que todas las demás en todos los aspectos, el objetivo del estudio no debe ser buscar una localización óptima sino una o varias localizaciones aceptables. En última instancia otros factores más

subjetivos, como pueden ser las propias preferencias de la Dirección, determinarán la localización definitiva (Domínguez, García, Domínguez, Ruiz, & Álvarez, 1995), (Krajewski & Ritzman, 2000).

1.1.2 Tendencias y estrategias futuras en localización.

Uno de los fenómenos más importantes que estamos viviendo es la creciente internacionalización de la economía. Las empresas están traspasando fronteras para competir a nivel global. Las localizaciones en otros países distintos del de origen están a la orden del día para las grandes empresas. Aparecen nuevos mercados y se unifican otros. Todo ello intensifica la presión de la competencia, hace que los factores logísticos sean más complejos e importantes y que las empresas se vean obligadas a reexaminar la localización de sus instalaciones para no perder competitividad. Al mismo tiempo, la automatización de los procesos en algunas industrias está contribuyendo a la pérdida de importancia del factor coste de la mano de obra. Otro aspecto destacado de nuestros días es la mejora de los transportes y el desarrollo de las tecnologías informáticas y de telecomunicaciones, lo cual está ayudando a la internacionalización de las operaciones y está posibilitando una mayor diversidad geográfica en las decisiones de localización. Esto, unido al mayor énfasis de la competencia en el servicio al cliente, el contacto directo, el rápido desarrollo de nuevos productos, la entrega rápida, etc., se está traduciendo en una tendencia a la localización cercana a los mercados. En lo que a la fabricación se refiere, gracias a las tecnologías flexibles las empresas pueden optar por instalar plantas más pequeñas y numerosas (Domínguez et al., 1995).

1.1.3 Factores que intervienen en la localización de una instalación.

Existen una gran cantidad de factores que pueden influenciar las decisiones de localización, variando su importancia de una industria a otra y para cada empresa particular, en función de sus circunstancias y sus objetivos concretos. Por ello, una de las primeras tareas del equipo que realiza el estudio de localización es la determinación de aquellos factores que habrán de ser tenidos en cuenta en cada nivel de análisis, los cuales, en general, serán muy numerosos. Ver tabla 1.1:

Capítulo I: Consideraciones teóricas generales sobre Localización y Plan General de instalaciones.

Tabla 1.1 Tipos de factores para la localización. **Fuente:**(Siguas, 2011).

Factores primarios	Factores específicos
1. Disponibilidad de servicios generales (agua, energía, combustible, etc.)	1. Legislación y normas públicas vigentes.
2. Disponibilidad de mercados.	2. Normas internas de las empresas.
3. Disponibilidad de mano de obra.	3. Infraestructura existente.
4. Disponibilidad de materias primas.	4. Factores geográficos. (Clima, estructura del suelo)
5. Disponibilidad de transportes.	

En la tabla anterior se muestran los factores primarios que son aquellos que se deben tomar en cuenta en la generalidad de los casos. Así como los factores específicos son aquellos que son determinantes en algunos casos particulares.

Los factores que intervienen en la localización de una instalación también se pueden clasificar de modo más específico (Siguas, 2011) como se analiza a continuación. Ver tabla 1.2:

Tabla 1.2 Tipos de factores para la localización. **Fuente:**(Siguas, 2011).

Disponibilidad de materia prima y envases	Zonas de consumo o Mercados	Suministro de Energía y de Combustibles	Suministro de Agua	Ubicación geográfica - Mapas y Planos
1. Principales fuentes de abastecimiento – distancia.	1. Distancia - Disponibilidad y costo de diversos medios de transporte.	1. Principales fuentes de abastecimiento– distancia.	1. Calidad - Temperatura, contenido de sólidos, contenido de bacterias.	1. Clima:
2. Canales de distribución - costo de diversos medios de transporte.	2. Potencialidad relativa de los mismos.	2. Reservas futuras.	2. Cantidad.	Temperaturas atmosféricas,
3. Uso de materiales sustitutivos.	3. Crecimiento o disminución del mercado.	3. Sistema de comercialización.	3. Seguridad - Construcción de tanques de almacenamiento.	Humedad,
4. Influencia de este factor en la localización.	4. Competencia - Presente y futura.	4. Costos de los diversos transportes- distancia.	4. Costos.	Lluvias,
				Topografía del terreno.

En la tabla anterior se muestran los factores que explican el desglose de los factores generales y específicos. Estos factores están divididos en cinco tipos los cuales representan cada uno gran importancia para la localización factible de una instalación.

1.1.4 Métodos de selección de localización.

Existe un área de investigación denominada teoría de la localización que arranca con Weber a principios del siglo pasado y que está resultando enormemente fértil desde los años 60, habiendo creado infinidad de métodos analíticos cuyas aflicciones se extienden más allá de la administración de empresas, lo cual la convierte en un área pluridisciplinaria (Domínguez et. al., 1995).

A continuación se muestran los métodos aplicables a la presente investigación y sus autores:

Método de los factores ponderados: Este modelo permite una fácil identificación de los costos difíciles de evaluar que están relacionados con la localización de instalaciones (Ballou, 1991).

Método de la Media geométrica: Este método surge con el objetivo de evitar que puntuaciones muy deficientes en algunos factores sean compensadas por otras muy altas en otros, lo que ocurre en el método de los factores ponderados. En esta técnica se emplean ponderaciones exponenciales en vez de lineales y se utiliza el producto de las puntuaciones en cada factor en vez de la sumatoria (Domínguez, et. al. 1995).

Método del factor preferencial: Este método incluye los intereses personales, por lo que la localización se fija según un factor personal que influye en quién debe decidir (no en el analista) (Domínguez, et. al. 1995).

Método del transporte: Es una técnica de aplicación de la programación lineal, un enfoque cuantitativo que tiene como objetivo encontrar los medios menos costosos (óptimos) para embarcar abastos desde varios orígenes (fábricas, almacenes o cualquier otro de los puntos desde donde se embarcan los bienes) hacia varios destinos (cualquiera de los puntos que reciben bienes) Domínguez, et. al. 1995).

Modelo Global de la localización: Su principal objetivo es solucionar el problema multidimensional de la localización y es empleado para ubicar una planta (Domínguez, et. al. (1995)).

Método de preferencia jerárquica: El método de puntuación de los factores ponderados basa su resultado en la multiplicación de datos ordinales (ponderaciones y puntuaciones), empleando de forma errónea la escala de valoración. (Domínguez et. al., 1995).

Heurístico de Ardalan: El objetivo de este método es encontrar instalaciones que puedan atenderá todas las comunidades al menor costo ponderado de viajes-distancia. Se utiliza cuando se desea ubicar instalaciones para prestarle atención al mercado (Chase & Aquilano (2000)).

1.1.5 Importancia de las decisiones de localización.

La selección del emplazamiento en el que se van a desarrollar las operaciones de la empresa es una decisión de gran importancia. Aunque, se trate generalmente de una decisión infrecuente, la significación de su impacto y las implicaciones que se derivan de ella justifican una atención y consideración adecuada por parte de la Dirección. Además, el carácter infrecuente hace que muchos directivos no estén habituados a afrontar este tipo de cuestiones (muchos de ellos no lo han hecho nunca o acaso una sola vez a lo largo de su carrera), y las interrelaciones con otras decisiones, ya de por sí complejas, dificultan la comprensión de la verdadera importancia que tienen.

Esta importancia viene justificada por dos razones principales. En primer lugar, las decisiones de localización de instalaciones entrañan una inmovilización considerable de recursos financieros a largo plazo, pues las instalaciones son generalmente costosas, sobre todo si se trata de sofisticadas plantas de fabricación. Una vez construidas, la inversión efectuada no es recuperable sin sufrir graves perjuicios económicos (algunos de los costos en que se incurre no son realizables), y ello además del tiempo y el esfuerzo empleados. Por tanto, se trata de una decisión rígida que compromete a la empresa durante un largo período de tiempo; no obstante, en algunos casos, la firma puede optar por instalaciones menos costosas o por alquilarlas, lo cual permite estar rigidez a esta decisión.

En segundo lugar, son decisiones que afectan a la capacidad competitiva de la empresa; así, una buena elección favorecerá el desarrollo de las operaciones de forma eficiente y competitiva, mientras que una incorrecta impondrá considerables limitaciones

a las mismas. Todas las áreas de la empresa pueden verse afectadas por la localización, no sólo el área de Operaciones, sino también la función Comercial, la de Personal, la Financiera, etc. Por otro lado, hay que tener presente que las consecuencias negativas de una mala localización no resultan siempre evidentes, pues suelen manifestarse en forma de costos de oportunidad y, por tanto, no vienen recogidas en los informes tradicionales de las empresas. La influencia de la localización sobre la competitividad no sólo procede de su influencia sobre los costos, sino también sobre los ingresos de la empresa.

Es evidente que, para las empresas de servicios, la proximidad a los mercados es crítica para determinar la capacidad de atraer clientes; en empresas fabriles, la localización de las instalaciones en relación con el mercado influye sobre el tiempo de entrega de los productos y el nivel de servicio a los consumidores, lo cual afecta a su vez al volumen de ventas. Por lo que respecta a los costos, la localización puede influir en una gran diversidad de ellos (sirvan como ejemplo, los derivados de los terrenos, de la mano de obra, de las materias primas o los de distribución y transporte) (Domínguez, 1995).

1.2 Plan general de instalaciones.

En la presente investigación se utilizará el término plan general, dado que en la actualidad en nuestro país se utiliza este término por las diferentes entidades y se conoce mejor por los profesionales.

La distribución de las facilidades en planta influye directamente en el costo del manejo de materiales y en el uso adecuado del factor tiempo, entre otros; representando un aspecto que repercute directamente en la productividad de la organización. Es por ello, que desde hace varios años se han desarrollado líneas de investigación en el área, que han definido hasta los actuales momentos las directrices requeridas para la planificación de la distribución (Barrios, 2011).

La revisión bibliográfica consultada sobre el tema ofrece diferentes definiciones sobre plan general, que difieren únicamente en aspectos particulares del mismo.

1.2.1 Consideraciones teóricas sobre plan general de instalaciones.

“La distribución en planta implica la ordenación física de los elementos industriales. Esta ordenación, ya practicada o en proyecto, incluye los espacios necesarios para el movimiento de materiales, almacenamiento, trabajadores indirectos y todas las otras actividades o servicios, así como el equipo de trabajo y el personal de taller”. (Muther, 1981a).

La distribución en planta como el proceso de determinación de la mejor ordenación de los factores disponibles, de modo que constituyan un sistema productivo capaz de alcanzar los objetivos fijados de la forma más adecuada y eficiente posible” (Domínguez, 1995).

“La decisión de distribución en planta comprende determinar la ubicación de los departamentos, de las estaciones de trabajo, de las máquinas y de los puntos de almacenamiento de una instalación. Su objetivo general es disponer de estos elementos de manera que se aseguren un flujo continuo de trabajo o un patrón específico de tráfico”. (Chase & Aquilano, 2001).

“El problema de la distribución en planta consiste en localizar la disposición óptima de un grupo de instalaciones sujetas a restricciones cualitativas o cuantitativas”. (Shayan & Xu, 2004) “La distribución en planta consiste en la ordenación física de los factores y elementos industriales que participan en el proceso productivo de la empresa, en la distribución del área, en la determinación de las figuras, formas relativas y ubicación de los distintos departamentos”. (García & Fernández, 2005).

1.2.2 Fundamentos de Guía para un plan general.

Los 10 fundamentos básicos de guía para un plan general según (Muther, 1981), obtenidos de la práctica, que sirven de guía para el trabajo de distribución, son los siguientes:

1. Planear el total y después los detalles: Empezar con la distribución de la planta como un total y después acabar en los detalles. Primero determinar las condiciones generales en relación con el volumen de producción previsto. Luego establecer el grado de relación de estas áreas con cada una de las demás considerando únicamente el

movimiento del material para tener una pauta básica y sencilla de circulación. A continuación, desarrollar una distribución general de conjunto. Solamente después de aprobada la distribución de conjunto debe procederse a la disposición detallada dentro de cada área, es decir a la posición de hombres, materiales, máquinas y actividades auxiliares, todo lo cual llega a formar el plan detallado de distribución.

2. Planear el plan teórico y deducir de éste el práctico: El concepto inicial de la distribución debe representar un plan teóricamente ideal, sin tener en cuenta las condiciones existentes, ni considerar el costo. Más tarde, se realizan los ajustes necesarios, que incorporan las limitaciones prácticas debidas a infraestructura y otros factores. Finalmente, se llega a una distribución que es, a la vez, simple y práctica.

3. Seguir los ciclos del desarrollo de la distribución, haciendo solaparse las fases sucesivas: Los ciclos del desarrollo de la distribución siguen una secuencia de cuatro fases. La primera fase consiste en determinar dónde debe situarse la distribución; dónde deben colocarse las funciones de que debe disponerse.

A continuación, viene el plan detallado de distribución y finalmente, la instalación. Como la distribución de conjunto puede influir en la elección de la situación, el ingeniero de la distribución no debe decidir definitivamente su situación hasta haber llegado a una decisión sobre la disposición lógica teórica del área. Del mismo modo, no debe considerarse el plan de conjunto como definitivo, hasta haber comprobado, al menos en forma general, la fase siguiente: distribución detallada de cada departamento. Es decir, que tiene que solaparse cada fase con la siguiente.

4. Planear el proceso y maquinaria de acuerdo con las necesidades del material: El factor de material es fundamental. El diseño del producto y especificaciones de fabricación determinan ampliamente los procesos a utilizar. Y es necesario conocer las cantidades o las proporciones de producción de los diversos productos o piezas, para poder calcular qué procesos necesitaremos. El proceso y maquinaria se edificarán de acuerdo con las necesidades de materiales.

5. Planear la distribución de acuerdo con el proceso y la maquinaria: Después de seleccionar los procesos de producción adecuados, empieza la planificación de la distribución. Habrá que considerar las necesidades de equipo en sí: peso, tamaño,

forma, movimientos hacia atrás y hacia delante, etc. El espacio y la situación de los procesos de producción o de la maquinaria (incluidas herramientas y otros equipos) son el centro del plan de distribución.

6. Planear la edificación de acuerdo con la distribución: Cuando la maquinaria, equipo de servicios y distribución deban ser más permanentes que el edificio, este deberá hacerse de acuerdo con la distribución más eficiente. No hay que hacer más concesiones de las necesarias al factor edificio.

7. Planear con ayuda de una visión clara: El especialista experimentado en distribuciones sabe que la ayuda de una visión clara es una de las claves de su trabajo. Le ayuda a reunir los datos y analizarlos. Además, una visión clara es esencial cuando se quiere discutir los planes con supervisores y personal de servicios, cuando se presentan las propuestas a la dirección para su aprobación, o cuando se muestra a los obreros cómo funcionará la nueva distribución.

8. Planear con ayuda de otros: La distribución es un negocio cooperativo. No podrá lograrse la mejor distribución si no se consigue la cooperación de todas las personas interesadas.

Se deben solicitar sus ideas; hay que atraerlos hacia el proyecto. Además, ellas tienen un conocimiento detallado del trabajo y son las que harán funcionar la distribución. Y más aún, si se les da ocasión de tomar parte en la planificación de la distribución, tenderán luego a aceptarla con mayor rapidez.

9. Comprobar la distribución: Cuando se haya desarrollado una fase del proyecto, hay que lograr su aprobación antes de ir demasiado lejos en la planificación de la siguiente. De este modo se evitan posteriores quebraderos de cabeza y se asegura la integración de cada área en los planes generales del conjunto. Se debe comprobar cada fase de la distribución antes de presentarla para su aprobación. Esta comprobación asegurará que la distribución esté bien planeada o mostrará otras mejoras que se puedan introducir. La comprobación se da si se están cumpliendo los objetivos trazados.

10. Vender el plan de distribución: Algunas veces la parte más dura del trabajo de distribución es lograr que otros lo compren. Puede ser bueno, pero hay que recordar

que sigue siendo un compromiso, significa cambios de personal; exigirá desembolsos. Por tanto, es necesario mantener con entusiasmo la idea de los beneficios de la distribución que se planea, es necesario invertir tiempo para interesar al personal trabajador en el proyecto; lograr que todos participen en él; invertir tiempo en la preparación para presentar la distribución a los que en definitiva invertirán su dinero en ella.

1.2.2.1 Objetivos del plan general.

Un plan general adecuado proporciona beneficios a la empresa que se traducen en un aumento de la eficiencia y por lo tanto de la competitividad.

Por su parte (Muther, 1981a) 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:

1. Integración conjunta de todos los factores que afectan a la distribución.
2. Movimiento del material según distancias mínimas.
3. Circulación del trabajo a través de la planta.
4. Utilización efectiva de todo el espacio.
5. Satisfacción y seguridad de los trabajadores.
6. Flexibilidad en la ordenación que facilite ajustes posteriores.

1.2.2.2 Principios básicos para un plan general.

Los objetivos básicos de un plan general o *layout* se agrupan en seis principios básicos (Muther, 1981a):

1. **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 cualquier otro factor, de modo que resulte el compromiso mejor entre todas estas partes.

2. **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.
3. **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.
4. **Principio del espacio cúbico:** La economía se obtiene utilizando de un modo efectivo el espacio disponible tanto vertical como horizontal.
5. **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.
6. **Principio de flexibilidad:** En igualdad de condiciones siempre será más efectiva la distribución que pueda ser ajustada o reordenada con menos costo o inconvenientes.

1.2.2.3 Ventajas de un eficiente plan general.

Según (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.
5. Se obtiene un ahorro de espacio, al disminuirse las distancias de recorrido y eliminarse pasillos inútiles y materiales en espera.

1.2.3 Tipos de plan general.

Para (Parra, 2009) 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, existen tres tipos de distribución en planta:

Distribución 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 ella los distintos artículos 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 (Ver Figura 1.3).

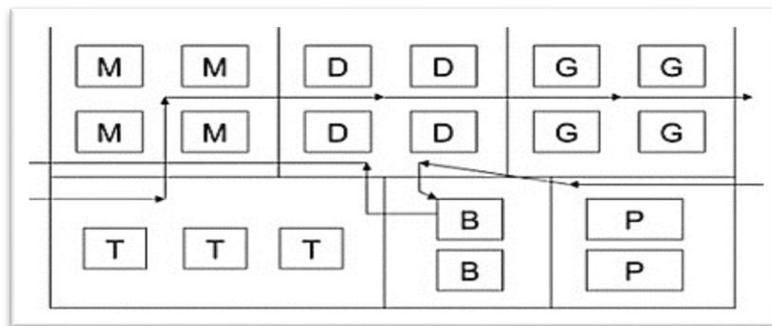


Figura 1.3 plan general por proceso. **Fuente:** (Mas, 2010).

Las ventajas e inconvenientes de esta distribución agrupada por lotes se muestran a continuación. Ver tabla 1.3:

Tabla 1.3: Ventajas e Inconvenientes del plan general por proceso. **Fuente:**(Diéguez, Gómez, Negrín, & Gosende, 2007).

Ventajas	Inconvenientes	Se recomienda cuando:
1. Mayor utilización de los equipos y por tanto menor inversión. 2. Flexibilidad para los cambios en los productos y en la demanda. 3. Mayor fiabilidad.	1. Movimiento de materiales costoso. 2. Alto stock de materiales en curso de elaboración. Programación compleja.	1. Variedad de productos y demanda baja o intermitente de cada uno de ellos. 2. Maquinaria cara o difícil de trasladar.

En la tabla anterior se muestran las ventajas, inconvenientes y recomendaciones de esta distribución ya que requiere de la misma maquinaria para producir una amplia gama de productos pero que se produce un volumen pequeño de cada producto.

Distribución 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 del plan general 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 (Ver Figura 1.4).

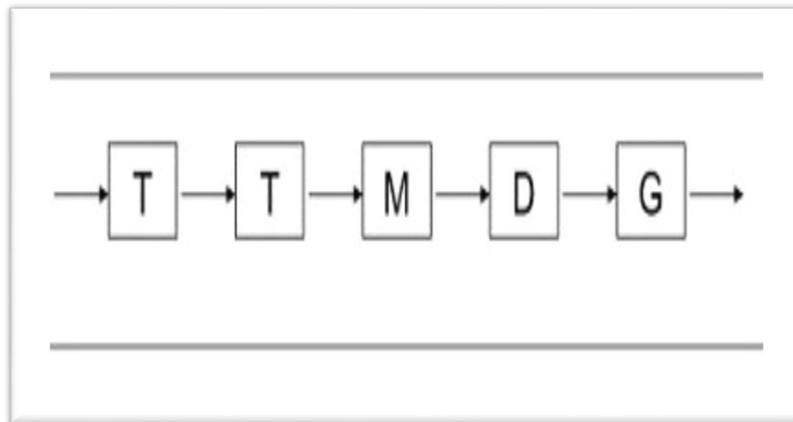


Figura 1.4 Formas más habituales de los planes generales por producto. **Fuente:**(Diéguez, Gómez, Negrín, & Gosende, 2007).

Esta distribución es muy usada en talleres y fábricas se utiliza cuando hay altos niveles de producción en serie o unidades muy parecidas, presenta varias ventajas identificadas en la tabla 1.4.

Tabla 1.4: Ventajas e Inconvenientes del plan general por Producto. **Fuente:**(Diéguez, Gómez, Negrín, & Gosende, 2007).

Ventajas	Inconvenientes	Se recomienda cuando:
<ol style="list-style-type: none"> 1. Mínima manipulación de materiales. 2. Reducción del tiempo entre el inicio del proceso y la obtención del producto acabado. 3. Menos material en curso. 4. Mano de obra más fácil de entrenar y de sustituir. 5. Programación y control sencillos. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mayor inversión. Rigidez. 2. Diseño y puesta a punto más complejos. 3. El ritmo de producción lo marca la máquina más lenta. 4. Una avería puede interrumpir todo el proceso. 5. Tiempos muertos en algunos puestos de trabajo. 6. El aumento del rendimiento individual no repercute en el rendimiento global. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Alto volumen de producción de unidades idénticas o bastante parecidas. 2. Demanda estable.

Esta distribución presenta un trabajo continuo, además de tener numerosas ventajas no queda salvada de presentar igualmente un gran número de desventajas mencionadas en la tabla anterior.

Distribución 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(Ver Figura 1.5).

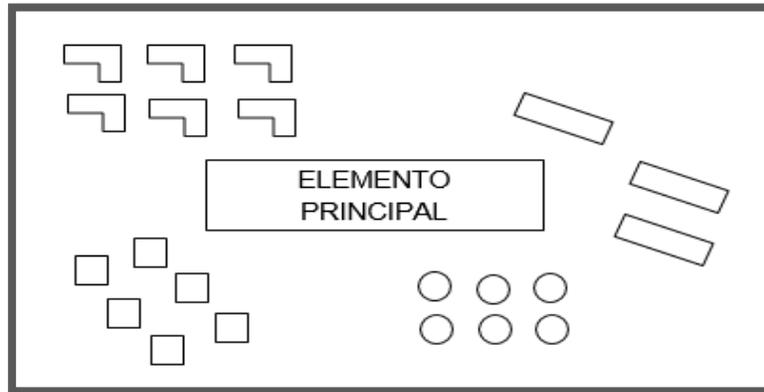


Figura 1.5. Plan general por posición fija. **Fuente:** (Mas, 2010).

A continuación se muestra algunas de las ventajas y e inconvenientes que ofrece este tipo de plan general y que además es frecuentemente utilizada. Ver tabla 1.5:

Tabla 1.5 Ventajas e Inconvenientes del plan general por posición fija. **Fuente:** (Diéguez, Gómez, Negrín, & Gosende, 2007).

Ventajas	Inconvenientes	Se recomienda cuando:
1. Poca manipulación de la unidad principal de montaje. 2. Alta flexibilidad para adaptarse a variantes de un producto e incluso a una diversidad de productos.	1. Ocupación de espacio. 2. Movimiento de las piezas hasta el emplazamiento principal de montaje. 3. Dificultad para utilizar equipos difíciles de mover.	1. El costo de mover la pieza principal es elevado. 2. El número de unidades a producir es bajo. 3. Las operaciones requieren principalmente trabajo manual o herramientas o maquinaria ligera.

Esta distribución a pesar de ser una de las más usadas presenta varios inconvenientes que dificultan en gran medida la función del trabajo a realizar.

Distribuciones híbridas: Los diseños híbridos en esencia, buscan poder beneficiarse simultáneamente de las ventajas derivadas de las distribuciones por producto y las distribuciones por proceso (Ver Figura 1.6), particularmente de la eficiencia de las primeras y de la flexibilidad de las segundas, permitiendo que un sistema de alto volumen y uno de bajo volumen coexistan en la misma instalación.

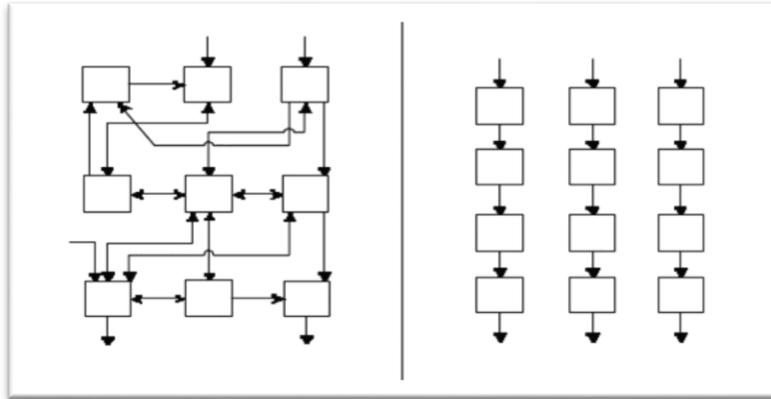


Figura 1. 6. Plan general por proceso y por producto. **Fuente:** (Mas, 2010).

A continuación se muestra algunas de las ventajas y e inconvenientes que ofrece este tipo de plan general y que además es frecuentemente utilizada. Ver tabla 1.6:

Tabla 1.6 Ventajas e Inconvenientes del plan general híbrido. **Fuente:** Fuente:(Diéguez, Gómez, Negrín, & Gosende, 2007).

Ventajas	Inconvenientes
<p>1. 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>).</p> <p>2. 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).</p> <p>3. 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).</p> <p>4. 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).</p>	<p>1. Incremento del costo y desorganización por el cambio de una distribución de proceso a una celular.</p> <p>2. Normalmente, reducción de la flexibilidad del proceso.</p> <p>3. 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).</p> <p>4. Riesgo de que las células queden obsoletas a medida que cambian los productos y/o los procesos.</p>

En la tabla anterior se muestra la distribución híbrida. Esta distribución se beneficia de las ventajas de las distribuciones por producto y las distribuciones por proceso. Presenta grandes ventajas ya que trabaja sobre las mejoras humanas y la disminución de los tiempos.

1.2.3.1 Fases de desarrollo del plan general.

Las cuatro fases o niveles del plan general que además pueden superponerse uno con el otro según Muther (1968), son:

Fase I: Localización.

En ella se decide dónde va a estar el área que va a ser organizada, esta fase no necesariamente se incluye en los proyectos de distribución.

Fase II: Distribución General de Conjunto (DGC).

En ella se planea la organización completa a modo general. Aquí se establece el patrón de flujo para el área que va a ser organizada y se indica también el tamaño y la interrelación de áreas, 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 Detallado de Distribución (PDD).

Es la preparación en detalle del plan de organización e incluye planear dónde van a ser localizados los puestos de trabajo, así como cada pieza de maquinaria o equipo.

Fase IV: Instalación de la Distribución.

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.

1.2.3.2 Factores que intervienen en el plan general de una instalación.

Al plantear un plan general 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 el plan general 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 plan general pueden encuadrarse en ocho grupos (Distribución en planta», 2004), los cuales serán comentados a continuación (Ver tabla 1.7):

Tabla 1.7 Factores que intervienen en la distribución espacial de una instalación. **Fuente** (Distribución en planta, 2004).

Los materiales	La distribución de los factores productivos dependerá necesariamente de las características de aquellos y de los materiales sobre los que haya que trabajar. La maquinaria: se habrá de considerar su topología y el número existente de cada clase, así como el tipo y cantidad de equipos.
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.
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.
Las esperas	Uno de los objetivos que se persiguen al estudiar el plan general 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.
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).
El edificio	La consideración del edificio es siempre un factor fundamental en el diseño del plan general pero la influencia del mismo será determinante si este ya existe en el momento de proyectarla.
Los cambios	Uno de los objetivos que se persiguen con el plan general es su flexibilidad, por tanto, es necesario prever las variaciones futuras para evitar que los posibles cambios en los restantes factores lleguen a transformar un plan general eficiente en otra anticuada que merme beneficios potenciales.

En la tabla anterior se muestran los factores que permiten y facilitan la organización y desarrollo del plan general de cualquier instalación.

1.2.4 Métodos de distribución en planta o plan general.

A continuación se muestran los métodos aplicables a la presente investigación y sus autores:

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 & Wheeler, 1994) denominada S.L.P. En ella las prioridades de cercanía entre departamentos se asimilan a un código de letras siguiendo una escala que decrece con el orden de las cinco vocales: A (absolutamente necesaria), E (especialmente importante), I (importante), O (importancia ordinaria) y U (no importante); la indeseabilidad se representa por la letra X.

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. El procedimiento, tal y como se describe en Santa marina (1995); Cruz (2001) y García (2005).

Método triángular

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 (Schmigalla, 1964) & (Bloch, 1950).

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, 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, Gómez, Negrín & Gosende, 2007).

1.3 Conclusiones del capítulo.

1. Se recopilaron aquellos aspectos teóricos bibliográficos relacionados con la localización y plan general y que aportan en gran medida criterios a seguir para la toma de decisiones.
2. Se analizaron elementos y conceptos fundamentales sobre la localización y plan general resaltando la existencia de diversas metodologías y procedimientos.
3. Se ha incursionado cada vez en métodos más complejos destinados a resolver problemas más complicados en una realidad cada vez más competitiva y compleja.



Capitulum III

Capítulo 2: Caracterización de la empresa Química y Farmacéutica de Cienfuegos, EQUIFA.

La ciudad de Cienfuegos es el centro del desarrollo industrial de la provincia del mismo nombre. En la zona industrial se efectúan importantes inversiones en la industria química. Existen diferentes empresas encargadas de las producciones de la provincia. Entre ellas se encuentra la empresa de EQUIFA, objeto de estudio para la presente investigación.

En el presente capítulo se realiza una caracterización general a la empresa EQUIFA. Se representan los procesos identificados en el mapa actual de procesos, se realiza un análisis detallado del proceso, se muestra la legislación vigente a utilizar, la cual tiene que cumplirse en cualquier tipo de inversión, así como organismos rectores que participan en el proyecto, se describen los métodos seleccionados para la localización y plan general factible para la planta.

2.1 Caracterización de la Empresa.

La **Empresa Química Farmacéutica Cienfuegos**, EQUIFA, es una empresa de subordinación nacional perteneciente al Grupo Empresarial de la Industria Química adjudicada al Ministerio de Industria (MINDUS), cuenta con todas sus unidades básicas ubicadas en Cienfuegos, dentro de las instalaciones de la antigua Empresa de Fertilizantes Nitrogenados de Cienfuegos.

Su **Objeto Social** es:

- Producir y comercializar abonos y productos químicos.
- Brindar servicios de manejo integral de desechos y productos peligrosos

Misión: Producir y comercializar abonos y productos químicos, brindar manejo integral de desechos y productos peligrosos, así como prestar servicios menores a partir de la capacidad de almacenamiento, transporte y fuerza de trabajo con que cuenta la empresa, con la calidad requerida de manera que se satisfagan las necesidades de nuestros clientes.

Visión: Lograr la competitividad y alcanzar el liderazgo nacional de las producciones químicas de reactivos y servicios asociados, mediante la formación integral y continua de sus especialistas, el desarrollo de la actividad científico-técnica, la experiencia acumulada en un clima laboral participativo y de mutuo compromiso, donde la mejora empresarial concilie tanto los objetivos económicos como la realización de las personas.

EQUIFA realiza sus producciones para un mercado nacional centrado en la farmacéutica específicamente en las producciones dispensariales de todo el país y otras producciones químicas variadas, colonias, desinfectantes, etc. Para los logros de sus objetivos la empresa tiene un total de 167 trabajadores. La figura 2.1 muestra el nivel de escolaridad de trabajadores por grupo de edades:

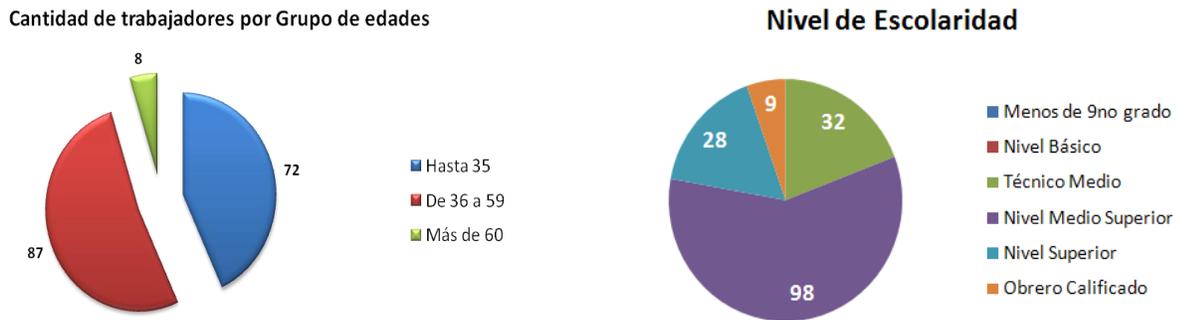


Figura 2.1: Cantidad de trabajadores por grupo de edad y nivel de escolaridad. **Fuente:** Elaboración propia.

La empresa cuenta con un sistema de dirección bien organizado. Está estructurado por la dirección general como cabecera y cuatro direcciones más en paralelo después de esta. En la figura 2.2 se muestra su estructura organizativa:

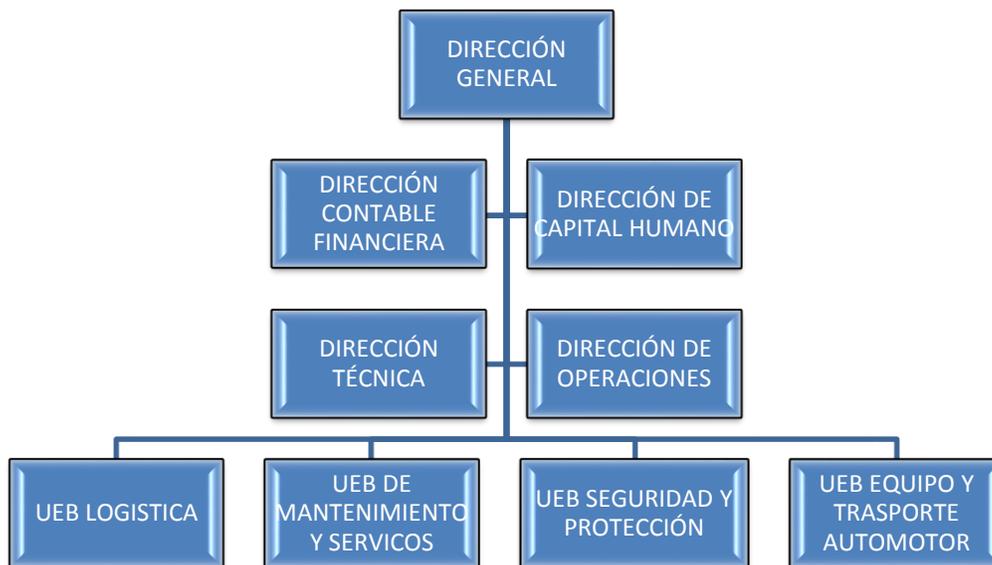


Figura 2.1: Organigrama de la Empresa (EQUIFA). **Fuente:** Elaboración Propia.

La Empresa cuenta con un mapa de proceso basado en la estructura descrita en la NC-ISO 9001/2008 donde se relacionan cuatro grupos de procesos:

1. Procesos de planificación.
2. Procesos de gestión de los recursos.
3. Procesos de realización.
4. Procesos de medición análisis y mejoras.

Los objetivos trazados en el objeto social la empresa objeto de estudio, se hacen posibles con el funcionamiento en conjunto de todos los procesos que la conforman, como se observa en la Figura 2.3:

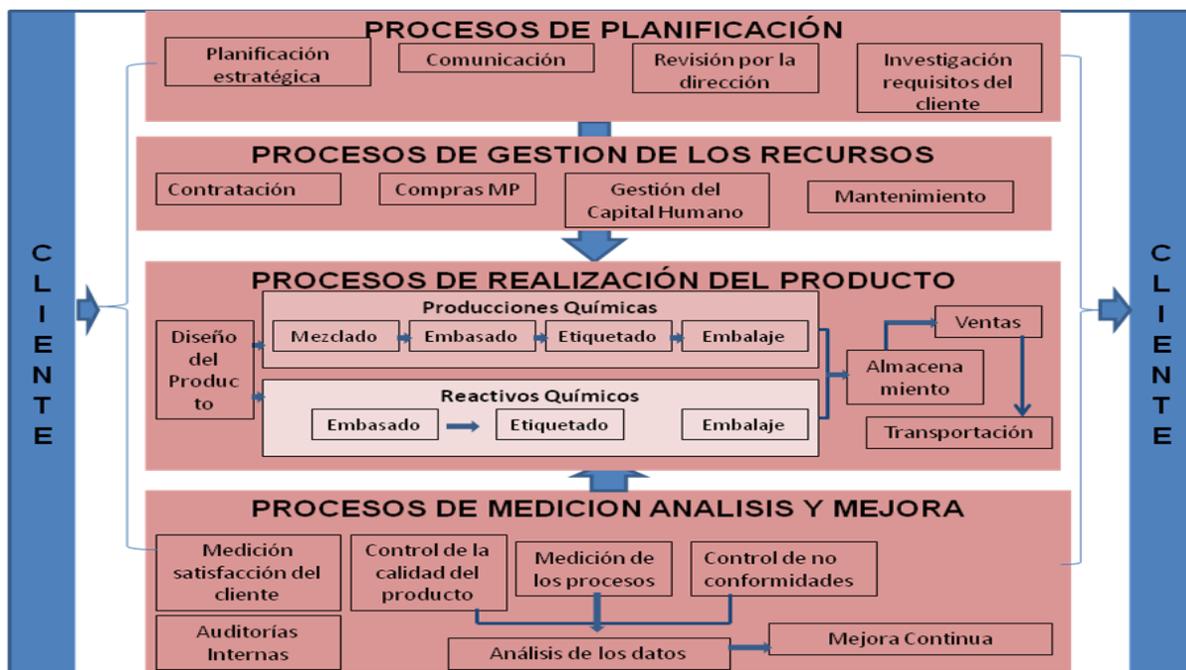


Figura 2.3: Mapa de procesos de la empresa (EQUIFA). Fuente: Elaboración Propia.

Los proyectos en etapa de investigación y desarrollo:

1. Confinatorio Nacional de Desechos Peligrosos.
2. Planta de Fertilizantes Granulados NPK tecnología mezcla física.
3. Planta de Desinfectantes para la Industria Biotecnológica y los salones de operación.
4. Centro de Reactivos para Laboratorio y Soluciones.
5. Planta de Sulfonación – Sulfatación.

2.2 Descripción del proyecto a desarrollar.

Dentro de los procesos de apoyo se encuentra el proyecto en desarrollo de localización y plan general de la planta de sulfonación-sulfatación.

Después de un estudio detallado por el ministerio de la Industria Química, la ubicación de la planta se propone en las instalaciones de la Empresa Química Farmacéutica (EQUIFA) es en la zona industrial No 2 en O’ Bourke aprovechando instalaciones de la antigua planta de fertilizantes, su ubicación en el centro del país y la cercanía con

carreteras, ferrocarriles y puerto. La Macrolocalización de la empresa de Fertilizantes en el territorio de Cienfuegos se puede apreciar en la figura 2.4.



Figura 2.4 Ubicación geográfica de la empresa (EQUIFA) de Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia a partir de imagen de Google Heart, 2016.

En la figura 2.5 se encuentran las posibles microlocalizaciones dentro de la empresa EQUIFA de la planta de sulfonación-sulfatación, mostrando mediante una vista aérea los límites de cada una de las variantes:



Figura 2.5: Posibles microlocalizaciones de la planta de sulfonación-sulfatación en la empresa de (EQUIFA) **Fuente:** Elaboración propia a partir de imagen de Google Heart, 2016.

La planta estará compuesta por diferentes áreas como son: Planta de Sulfonación, Cuarto de Compresores, Patio Tanques, Sistema de Tratamiento de Residuales, Sistema de desmineralización de agua, y almacén de producto terminado, la altura máxima del objeto de obra es de 24 m, ocupara un área de 1189 m², maneja un servicio eléctrico de 3 fases, con voltaje de 34.5 kw. Un sistema de almacén de mantenimiento de agua en tanque cisterna capacidad de 75 m³ y sistema de bombeo instalado. Sistema de tratamiento de agua con una capacidad de 160 m³, Sistemas de tratamiento de residuales industriales con una capacidad de 240 m³, Sistemas de extinción de incendios interiores y exteriores con una capacidad de 180 m³ de agua. Grupo Electrónico de Emergencia con una potencia de 1500 kw.

2.2.1 Parámetros técnicos de la inversión.

- **Tipología Urbanística:** 1 Grandes manzanas abiertas.
- **Tipología arquitectónica:** Industrial.
- **Tipología constructiva:** Elementos metálicos, hormigón armado, paredes de bloques.
- **Tipo de Obra:** Nueva.
- **Área total:** 1189 m².
- **Altura máxima:** 24,0 m en Chimenea.
- **Fuerza de trabajo:** 50 trabajadores. 3 especialistas. 7 técnicos y 40 operarios.
- **Insumo de agua:** 40,0m³/día potable, que actualmente la recibe EQUIFA desde la presa Abreu.
- **Capacidad en cisterna existente en EQUIFA:** 2500,0 m³
- **Capacidad en Tanque elevado nuevo:** 80,0 m³
- **Energía Eléctrica:** La existente: **Servicio:** Trifásico. **Voltaje requerido:** 440, 220 y 110 volt. Carga Instalada: 2500 kw. Máxima demanda: 1500 kw
- **Capacidad del Grupo Electrónico:** 1500 kw
- **Insumo para comunicaciones:** Existe y no solicitan nuevos servicios.
- **Contaminación:**

Emisiones gaseosas: Los gases de la salida son aproximadamente 4000 Nm³/h los cuales son tratados adecuadamente liberándose a la atmósfera finalmente con un contenido de SO₂ ≤ 100mg/Nm³ por debajo de los niveles

estándares $\leq 400 \text{ mg/Nm}^3$. La niebla ácida es de $\leq 20 \text{ mg/Nm}^3$ por debajo de los estándares de 30 mg/Nm^3 .

Ruido: El nivel de ruido es por debajo de los 85 decibeles.

Residuales Líquidos: Durante el proceso no se generan aguas residuales. En el mantenimiento se generan normalmente 4 m^3 con un pH entre 6 y 9 aproximadamente.

- **Sistema de Tratamiento:** La planta contará con un sistema de canalizaciones que se conectan al sistema de tratamiento que consiste en una piscina de neutralización, con el objetivo de evitar riesgos al medio ambiente en caso de accidente y también cuando se realice el mantenimiento.
- **Capacidad de la piscina de neutralización:** 240 m^3 . Largo: 10 m. Ancho: 8 m. Profundidad: 3 m.

2.2.2 Redes Técnicas.

- **Agua:** La conductora de agua potable llega hasta las instalaciones existentes de EQUIFA, de la cual se sacara un ramal para la nueva planta.
- **Tratamiento de residuales:** Se dispondrá de una piscina de dosificación para los residuales líquidos industriales. Para los residuales líquidos humanos tienen Laguna de Oxidación.
- **Infraestructura de Transporte:** Se utilizarán tres vías de transporte tanto para recibir la materia prima como para la salida del producto terminado que serán la vía automotor para lo cual existen vías en buen estado a través de todo el país hasta la instalación, la vía marítima por la Zona 2 del Puerto Comercial de la propia Zona Industrial II y a través del ferrocarril que existió en la antigua Fábrica de Fertilizantes Nitrogenados.
- **Infraestructura Eléctrica:** Existe hasta EQUIFA y construirán un Grupo Electrónico
- **Comunicaciones:** Existe hasta EQUIFA.

Límites Físicos:

- **Norte:** Terreno libre.
- **Sur:** Parqueo y Vía interna a 4,7 m.
- **Este:** Patio de Tanques.
- **Oeste:** Terreno libre y cementerio de arsénico a 26 m.

2.2.3 Sistema de mantenimiento.

La Planta contará con un sistema de mantenimiento según se establece en el manual del MINDUS. El proyecto contempla máquinas herramientas que permitan asimilar las reparaciones menores y los mantenimientos. Las acciones de reparación más complejas se contratarán a la Empresa Serviquímica específicamente a la UEB Serviquímica que se encuentra dentro del perímetro del objeto de estudio.

2.2.4 Descripción del proceso.

El proceso de sulfonación aire/SO₃ es un proceso directo en el que se diluye gas SO₃ con aire muy seco y se hace reaccionar directamente con la materia orgánica. La fuente de gas SO₃ es producido por la combustión del azufre. La reacción del SO₃ gaseoso con la materia orgánica es rápida y estequiométrica.

El azufre fundido es impulsado mediante bombas hacia el quemador pasando por un medidor de alta precisión. Debido a que la relación molar es la variable del proceso más importante, control del flujo de azufre a azufre quemado es una de las funciones más importantes del control del proceso en una planta de aire/SO₃. En el generador de gas SO₃ el azufre es entregado al quemador de atomización donde la combustión con el aire genera SO₂, este gas es entregado al convertidor donde se forma el SO₃.

En esta se propone que una parte del SO₃ pasa al proceso de absorción para formar el ácido sulfúrico que se utiliza posteriormente en el proceso de síntesis del sulfato de potasio. La otra parte del SO₃ para al proceso de sulfonación para obtener el resto de los productos.

Los efluentes gaseosos que salen del proceso de sulfonación y de la absorción de SO₃ se encuentran prácticamente libres de SO₃ residual, pero contienen gases SO₂ no convertidos por lo que se emplea un sistema de limpieza del aire. Los gases efluentes limpios contienen menos de 5 ppm en volumen de SO₂ y menos de 10 mg/m³ de niebla

de sulfato combinada con niebla de material orgánico neutralizado, que son valores adecuados para la descarga.

El proceso de producción de sulfato de potasio, es un proceso con reacción por sustitución donde reaccionan cloruro de potasio con ácido sulfúrico, produciéndose sulfato de potasio y ácido clorhídrico, los gases excedentes del proceso son <50mg de ácido clorhídrico por Nm³ de gases. Las materias primas y servicios tecnológicos se muestran en la tabla 2.1.

Tabla 2.1: Materias primas y servicios tecnológicos. **Fuente:** Elaboración propia.

Materia Prima	UM	Consumo
Azufre	t/año	11456
Dodecyl Benceno	t/año	8616
Dodecyl alcohol	t/año	335
Dodecyl alcohol etoxilado	t/año	1990
Cloruro de potasio	t/año	7200
Ácido Sulfúrico	t/año	4830
Hidróxido de sodio	t/año	1992
GLP	t/año	350
Agua de proceso(industrial)	m ³ /año	13500
Agua potable	m ³ /año	3425
Agua de enfriamiento	m ³ /año	35000
Nitrógeno	Nm ³ /a	1200
Electricidad	MWh/h	0,9
Aire Comprimido	Nm ³ /año	451750

En la tabla anterior se muestran las diferentes materias primas a utilizar en el proceso, así como sus consumos anuales en toneladas y sus principales unidades de medidas.

➤ **Unidades de Procesos.**

1. Instalación para la recepción y disposición del Azufre sólido.
2. Instalación para la fundición y combustión del Azufre.
3. Instalación de calderas recuperadoras.
4. Instalación para la conversión de SO₂ a SO₃.
5. Instalación de unidad de absorción de SO₃ para la producción de H₂SO₄.
6. Instalación del sistema de enfriamiento del H₂SO₄.
7. Instalación de unidad de secado del aire con los requerimientos necesarios en el proceso de Sulfonación-Sulfatación.

8. Instalación para la producción de ácido dodecilbenceno sulfónico, Lauril sulfato, de Sodio y Lauril éter sulfato de sodio (estos dos últimos productos con su instalación, de neutralización (con NaOH) luego de la mezcla del SO₃ con sus materias primas fundamentales (alcohol laúrico y alcohol laúrico etoxilado respectivamente)).
9. Instalación de sistema de tratamiento para la limpieza de los gases de escape del proceso.
10. Instalación para el almacenamiento y despacho de los productos terminados.

➤ **Servicios esenciales y auxiliares.**

1. Sistema de almacenado y bombeo de agua. Sistema de tratamiento de agua.
2. Servicio de aire comprimido industrial y de instrumentos.
3. Sistemas de tratamiento de residuales industriales.
4. Sistemas de extinción de incendios interiores y exteriores.
5. Servicio de análisis de laboratorio para materias primas y producciones intermedias y terminadas.
6. Sistemas de comunicaciones.
7. Apropiados sistemas de calles y avenidas, paseos y otras superficies de concreto.
8. Talleres mantenimiento.
9. Grupo Electrónico de Emergencia.

2.3 Legislación, especificaciones y normas aplicadas a la inversión.

Para la organización y desarrollo de la presente investigación se deberá tener en cuenta las regulaciones vigentes para la ejecución de cualquier inversión. Se aplicará directamente el Decreto Ley 327 “Regulaciones del Proceso Inversionista en Cuba” para la evaluación y aprobación de la localización y plan general de la planta. Para cada paso en que se desarrolla el proyecto se irá conciliando directamente con los organismos rectores los cuales mediante los protocolos establecidos dictaminarán acuerdos con la empresa (EQUIFA).

2.3.1 Legislación del proceso inversionista (Decreto Ley 327).

ARTÍCULO 1.- Este Decreto es de aplicación a todas las inversiones que se realicen en el territorio nacional por las personas jurídicas estatales. También se aplica a las sociedades mercantiles de capital ciento por ciento (100 %) cubano.

ARTÍCULO 5.- Las normas del proceso inversionista tienen como objeto contribuir a la eficiencia, racionalidad e integralidad a través de los preceptos siguientes:

Inciso a: Considerar la preparación, planificación, contratación, ejecución y control de las inversiones como un sistema desde su concepción hasta la puesta en marcha de las capacidades de producción y servicios, tanto de la inversión principal como de las inducidas, si las hubiera.

Inciso d: Garantizar que los documentos de pre-inversión y de post-inversión reflejen correctamente los datos contables, según las Normas Cubanas de Información Financiera vigentes.

Inciso g: Garantizar en los programas, proyectos y planes de desarrollo y en todas las fases del proceso inversionista, los requerimientos de la tecnología y la protección del medio ambiente, la utilización de las fuentes renovables de energía, el ahorro y la eficiencia como solución energética principal.

ARTÍCULO 12.1.- De acuerdo con la planificación, control y evaluación de las inversiones, estas pueden ser nominales y no nominales. Las nominales son aprobadas por el Ministerio de Economía y Planificación, a propuesta de los órganos, organismos de la Administración Central del Estado, organizaciones superiores de dirección, consejos de la Administración provinciales, Consejo de la Administración del municipio especial Isla de la Juventud, u otras personas jurídicas que corresponda.

2.3.2 Organismos rectores y Legislaciones aplicadas.

Los Ministerios vinculados al proyecto en estudio son:

Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Resolución 224/2014.

Ministerio de Comunicaciones. Resolución 624/2014.

Ministerio de la Construcción. Resolución 307/2014.

Ministerio de Energía y Minas. Resolución 283/2014.

Ministerio de industrias. Resolución 228/2014.

Ministerio del Interior. Resolución 23/2014.

Ministerio de Salud Pública. Resolución 581/2014.

Ministerio del Transporte. Resolución 1118/2014.

Instituto de Planificación Física. Resolución 74/2014.

2.3.3 Regulaciones específicas de los organismos rectores.

- Tener en cuenta en el proyecto, ejecución y en la etapa de explotación las medidas de protección dadas por los estudios de la Defensa Civil, los últimos trabajos realizados por el Centro de investigación tecnología y medio ambiente (CITMA) y el Plan de Ordenamiento, ante la frecuente ocurrencia de fenómenos hidrometeorológicos y así considerar los grandes vientos y las afectaciones por caída de árboles, postes y las propias estructuras, las interrupciones del fluido eléctrico y además tiene un alto riesgo de que ocurran accidentes tecnológicos por ser considerada una industria química de alto riesgo.
- Cualquier afectación que se produzca a las instalaciones colindantes o al medio ambiente será responsabilidad del inversionista.
- La instalación industrial podrá contar con elementos metálicos y/o de otro material.
- La altura de la chimenea será avalada por los Organismos competentes (CITMA) y Salud Pública (MINSAP).
- La carpintería pudiera ser metálica, de madera, plástico y/o cristal.
- La pintura a utilizar se integrará a las instalaciones existentes en el entorno, preferentemente de colores pasteles.
- Delimitar el área con una cerca perimetral, preferentemente de malla eslabonada de 1,80 m de altura, para evitar el libre acceso a la misma.

- Las vías interiores estarán pavimentadas y tendrán una sección transversal mínima de 3, 50 m.
- El frente de la edificación principal se orientará hacia el sur que es por donde queda el acceso principal.
- Tendrá cartel identificativo de la Industria y estará orientado hacia el acceso principal.
- Se prohíbe la elaboración de alimentos en la instalación pudiendo contar con áreas de comedores climatizados.
- Se prohíbe la modificación del drenaje natural, evitando crear oquedades o depresiones que puedan convertirse en focos de vectores.
- Deberá contratar con la Empresa nacional de investigaciones aplicadas (ENIA) los estudios Ingeniero-geológicos detallados para descartar procesos cárnicos en profundidad que pudieran conllevar a una cimentación inestable.
- Cumplimentará lo establecido en la NC 39.1999 “Calidad del Aire. Requisitos higiénico- sanitarios”, respecto a las emisiones gaseosas y además donde esta industria tiene un radio de protección sanitario de 1000 m.
- Deberá cumplimentar la NC- 53-122-1984 “Áreas Verdes en obras industriales. Especificaciones generales de proyecto”, en lo que respecta a que se utilizarán árboles perennifolios en todo el perímetro del área.

2.3.4 Condicionantes específicas de los organismos rectores.

- Realizar mediciones de las aguas residuales a la salida del tratamiento químico antes de ser incorporadas a la laguna de oxidación.
- Se realizarán mediciones a las emisiones gaseosas de forma periódica por los Organismos Competentes.
- Coordinar con Materia Prima la comercialización de los envases que no se recuperen para la actividad.
- Cumplimentará la Norma Cubana 521:2007 “Vertimiento de aguas residuales a la zona costera y aguas marinas. Especificaciones” de acuerdo a la cual la Bahía de Cienfuegos se cataloga como un cuerpo receptor de Clase A que constituye una zona priorizada de conservación ecológica.
- Los parámetros de salida del agua del sistema de tratamiento cumplirán con lo establecido en la NC-27/99. “Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado”.

- Las áreas verdes interiores se conciliarán con la Agencia De Protección Contra Incendios (APCI) por la existencia de almacenes y plantas industriales que utilizarán sustancias inflamables y explosivas.
- Si se generaran desechos peligrosos deberá coordinar con el Confinatorio de Desechos Peligrosos que en estos momentos se encuentra en ejecución en la antigua central electronuclear.
- Deberá realizar Planes de Contingencia de Peligro Vulnerabilidad y Riesgo, en coordinación con la Defensa Civil ante peligros de Desastres Naturales y Tecnológicos que puedan producirse y poner en riesgo la vida de los trabajadores y/o la estabilidad de las estructuras.
- Si se generaran escombros deberá solicitar una Microlocalización para depositar los mismos a la Dirección Provincial de Planificación Física (DPPF).
- Para la Solicitud de Licencia de Obra es requisito obtener el acta de aceptación de la Ingeniería Básica, el Proyecto Ejecutivo elaborado y el Certificado de Licencias Definitivas, a partir de las Licencias otorgadas por los órganos y organismos de compatibilización (según establece el Decreto 327/14 y la R74/14), así como la evidencia de la aprobación e inclusión en el Plan de la economía.
- Cumplimentará con las determinaciones de los organismos de compatibilización.
- Una vez terminada la Obra el inversionista solicitará a la Dirección Municipal de Planificación Física el “Certificado de Utilizable”.

2.3.5 Normas consultadas.

Las normas consultadas para la preparación del expediente de la inversión de la planta de sulfonación-sulfatación tienen como objeto contribuir a la eficiencia, racionalidad e integridad a través de los preceptos siguientes:

1. Considerar la preparación, planificación, contratación, ejecución y control de las inversiones como un sistema desde su concepción hasta la puesta en marcha de las capacidades de producción y servicios, tanto de la inversión principal como de las inducidas, si las hubiera.
2. Establecer las funciones de todos los sujetos del proceso.
3. Preparar las inversiones sobre bases técnicas y económicas, según sus características.

4. Garantizar que los documentos de preinversión y de post-inversión reflejen correctamente los datos contables, según las Normas Cubanas de Información Financiera vigentes.
 5. Ampliar el análisis de post-inversión que permita comprobar en qué medida se cumplen los beneficios previstos y aprobados en el estudio de factibilidad y a la vez retroalimentar futuros proyectos.
 6. Preservar, ahorrar y utilizar con la mayor rentabilidad y eficiencia los recursos energéticos puestos a disposición de la actividad.
 7. Garantizar en los programas, proyectos y planes de desarrollo y en todas las fases del proceso inversionista, los requerimientos de la tecnología y la protección del medio ambiente, la utilización de las fuentes renovables de energía, el ahorro y la eficiencia como solución energética principal.
 8. Fortalecer el papel del contrato como vía para garantizar los objetivos y compromisos pactados, definir la responsabilidad de las partes ante los incumplimientos, la reparación de los daños, indemnización de perjuicios y las posibles penalidades.
 9. Contribuir a potenciar el programa de inversiones a mediano plazo que genera cada plan de ordenamiento territorial y urbano.
 10. Garantizar durante todo el proceso inversionista, por los sujetos de este, la aplicación de las Normas Cubanas de Información Financiera vigentes en el país, potenciar el control, la veracidad y la exposición de todo lo referente a dicho proceso.
- Decreto 327/2014 “Reglamento del Proceso Inversionista”.
 - NC-27/99. “Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado “.
 - NC- 521:2007 “Vertimiento de aguas residuales a la zona costera y aguas marinas. Especificaciones”.
 - NC- 53-122-1984 “Áreas Verdes en obras industriales. Especificaciones generales de proyecto”.
 - NC 39.1999 “Calidad del Aire. Requisitos higiénicos sanitarios”.
 - Plan General de Ordenamiento Urbano de la Ciudad de Cienfuegos. Año 2014.
 - Plan Provincial de Ordenamiento Territorial de la Provincia de Cienfuegos aprobada por el Acuerdo Nro. 38 del CAP en el año 2005.

- Plan de Ordenamiento Petroquímico aprobado en Reunión Nacional de Acuerdos en diciembre del 2009.
- Resolución 87/99. Sobre manipulación y disposición final de los Desechos Peligrosos.
- Microlocalización “Confinatorio de Desechos Peligrosos”.
- Resolución 74/2014 “Procedimiento para la Localización de inversiones”.

2.3.6 Separación referencial entre diferentes equipos típicos dentro de una misma área.

El arreglo total de una instalación, estará subdividido en áreas o bloques separados por carreteras o vías de acceso en toda su periferia para facilitar las labores de combate de incendios, mantenimiento y reparaciones mayores en cada bloque, conforme a los lineamientos siguientes:

1. Resulta recomendable limitar las dimensiones máximas de cada bloque, con el fin de reducir el requerimiento de diseño del sistema de agua especificado en la Norma PDVSA IR–M–03 “Sistema de Agua Contra Incendios”. En todo caso, se deberá asegurar el acceso a cada unidad o equipo dentro de un bloque, por al menos dos lados distintos.
2. Las vías de acceso tendrán un ancho tal que permitan las actividades de control de emergencias, así como las operacionales y de mantenimiento.
3. A efectos de aplicación del criterio de “incendio único mayor” en el cálculo del requerimiento de agua contra incendio en una instalación, se considerarán independientes aquellos bloques o áreas segregadas por las distancias establecidas en la presente Guía.
4. Se considerará aceptable que la zona de separación entre dos bloques sea atravesada por un tendido de tuberías. En todo caso, el ancho de dicha zona debe cumplir con lo establecido en el punto anterior y las tuberías deben disponer de facilidades para su bloqueo en ambos bloques, de acuerdo con lo establecido en el documento PDVSA IR–P–01 “Sistemas de Parada de Emergencia, Bloqueo, Despresurización y Venteo de Equipos y Plantas”. (ver figura 3.6):

(1) Quemador de Azufre																		
(2) Convertidor 1ra etapa	15																	
(3) Convertidor 2da etapa	15	10																
(4) Refrigeración con aire	15	3	3															
(5) Refrigeración con agua	15	10	10	3														
(6) Torre de absorción ácido sulfúrico	15	10	10	3	15													
(7) Reactor SO ₂ -SO ₃	15	10	10	5	15	5												
(8) Separador Gas-Líquido	15	10	10	3	15	3	5											
(9) Separador Niebla	15	10	10	3	15	3	10	10										
(10) Eliminación de SO ₃	15	10	10	3	15	3	5	10	5									
(11) Eliminación de SO ₂	15	10	10	3	15	3	5	10	5	10								
(12) Torre Absorción Sulfito de Sodio	15	10	10	3	15	3	5	10	15	10	10							
(13) Digestor	15	10	10	3	15	3	5	10	5	10	1	5						
(14) Hidratador	15	10	10	3	15	3	5	10	5	10	10	5	5					
(15) Reactor Neutralizador	15	10	10	5	15	5	5	10	5	10	10	5	5	5				
(16) Área de Terminado	15	10	10	3	15	3	5	10	5	10	10	5	5	5	5			
	(1) Quemador de Azufre	(2) Convertidor 1ra etapa	(3) Convertidor 2da etapa	(4) Refrigeración con aire	(5) Refrigeración con agua	(6) Torre de absorción ácido sulfúrico	(7) Reactor SO ₂ -SO ₃	(8) Separador Gas-Líquido	(9) Separador Niebla	(10) Eliminación de SO ₃	(11) Eliminación de SO ₂	(12) Torre Absorción Sulfito de Sodio	(13) Digestor	(14) Hidratador	(15) Reactor Neutralizador	(16) Área de Terminado		

Figura 2.6: Relación de actividades y distancias mínimas. Fuente: Elaboración propia.

2.4 Métodos a emplear para la propuesta de localización y plan general de la planta de sulfonación-sulfatación.

La bibliografía consultada en el capítulo anterior del presente trabajo, reconoce diversos métodos para determinar una localización y plan general posible. En la presente investigación se seleccionaron los métodos de la media geométrica para la localización y *Systemic Layout Planning (SLP)* para desarrollar el plan general. Este primero califica por ser entre otros un método más exacto y el segundo ha sido el más aceptado y el más comúnmente utilizado para la resolución de problemas de plan general a partir de criterios cualitativos.

2.4.1 Método de la media geométrica.

Para la localización de la planta de sulfonación-sulfatación se utilizara el método de la media geométrica. Este método surge con el objetivo de evitar que puntuaciones muy deficientes en algunos factores sean compensadas por otras muy altas en otros, lo que ocurre en el método de los factores ponderados. En esta técnica se emplean ponderaciones exponenciales en vez de lineales y se utiliza el producto de las puntuaciones en cada factor en vez de la sumatoria. La puntuación global de cada alternativa queda expresada como:

$$P_i = \prod P_{ij}^{w_j}$$

Dónde:

P_i Es la puntuación global de cada alternativa j

P_{ij} Es la puntuación de las alternativas j por cada uno de los factores i

W_i Es el peso ponderado de cada factor i

2.4.2 Método de planeación sistemática del plan general. (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).

2.4.2.1 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.

2.5 Conclusiones del capítulo.

1. Se describe la empresa EQUIFA, el proceso en estudio con sus principales características.
2. Quedaron establecidos los requerimientos técnicos de los organismos rectores y de consulta.
3. Quedan establecidos las distancias mínimas entre los equipamientos a utilizar en la planta.
4. Se seleccionan los métodos de la media geométrica y SLP para la localización y plan general de la planta de sulfonación-sulfatación.



Capitulum III

Capítulo 3: Propuesta de Localización y Plan General de la planta de Sulfonación – Sulfatación en la Empresa Química y Farmacéutica de Cienfuegos, EQUIFA.

En el presente capítulo con el propósito de determinar la ubicación y plan general de la planta Sulfonación – Sulfatación se aplicarán diferentes métodos y herramientas. Primeramente se determinan la cantidad de expertos para así determinar los factores influyentes para la localización de la planta de Sulfonación – Sulfatación. Posteriormente se realiza un análisis aplicando el procedimiento de la media geométrica para la localización factible de la planta y finalmente se aplica el método *Systematic Layout Planning* (SLP) para la propuesta de plan general.

3.1 Criterio de expertos.

Para la identificación de los factores a tener en cuenta para la localización de la instalación se utiliza el método *Delphi*, que el mismo tiene como objetivo tener el más confiable consenso de opiniones de un grupo de expertos.

Se entenderá por experto, tanto al individuo en sí como a un grupo de personas capaces de ofrecer valoraciones conclusivas de un problema en cuestión y hacer recomendaciones respecto a sus momentos fundamentales con un máximo de competencia.

3.1.1 Selección de expertos.

Se realiza una primera ronda donde se calcula el número de expertos a participar en la presente investigación.

El número de expertos se calcula mediante:

$$N = \frac{p(1-p)k}{j^2}$$

Donde:

K: cte. que depende del nivel de significación estadística.

p: proporción de error que se comete al hacer estimaciones del problema con n expertos.

i: precisión del experimento. ($i \leq 12$).

$1 - \alpha$	k
99%	6,6564
95%	3,8416
90%	2,6896

La determinación del coeficiente es acorde al nivel de confianza escogido para el trabajo ($\alpha = 0.01$).

Para efectuar los cálculos se toman los siguientes valores:

$$p=0.01$$

$$K=6,6564$$

$$i=0.01$$

$$n = \frac{0.01(1 - 0.01)6.6564}{0.01^2} = 6.56 \approx 7 \text{ expertos}$$

Después de realizado los cálculos y determinado el número de expertos se obtiene que deben ser siete la cantidad de expertos, los mismos son seleccionados a través de su experiencia y calificación en la entidad objeto de estudio.

Especialista de Inversiones (E1)

Director General (E2)

Jefe de Planta (E3)

Director logística (E4)

Jefe de operaciones (E5)

Tecnólogo de Planta (E6)

Operario (E7)

3.2 Selección de factores para la localización.

Primeramente, se aplica una encuesta ver (Anexo 1) donde los expertos determinaron los factores a tener en cuenta para la localización de la planta, posteriormente se procesan los datos obtenidos empleando la selección multicriterio que consiste en valorar cada una de las soluciones propuestas a partir de criterios emitidos por especialistas del centro. Los factores obtenidos se exponen a continuación:

1. Ubicación de las Materias Primas
2. Sistema transporte especializado
3. Seguridad ante riesgos laborales
4. Capacidad Energética
5. Disponibilidad mano de obra tecnológica
6. Riesgo químico
7. Disponibilidad terreno

8. Costo de la construcción

9. Daños al medio ambiente

10. Sistemas hidráulicos disponibles

Se realiza la segunda ronda para determinar la importancia de cada factor y con esta información se aplica la dócima no paramétrica de Kendall (W) para verificar la concordancia con un criterio estadístico. Se le pide a cada experto que ordene los factores en correspondencia a la importancia que le otorga a cada una, dándole el mayor valor a la causa que consideren como más importante y el menor valor a aquella que sea menos importante, la escala a tener en cuenta es de 1-5 para ello se realizó una encuesta (Ver Anexo 2). Recogidas las respuestas se ordenan las ponderaciones de acuerdo al valor de la sumatoria por las filas (R_i). Los resultados obtenidos se muestran en la tabla 3.1:

Tabla 3.1: Ponderación por factor. *Fuente:* Elaboración propia.

Factores	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	R_j	C_i	(R_j-R_m)²
F6	5	4	5	5	5	5	5	34	13 %	59.29
F1	5	4	4	5	5	5	4	32	12 %	32.49
F7	4	3	4	5	4	4	5	29	11 %	7.29
F2	3	4	5	3	4	5	4	28	11 %	2.89
F3	4	5	3	4	4	4	3	27	10 %	0.49
F8	4	4	3	4	4	3	4	26	10 %	0.09
F10	3	3	4	4	5	4	3	26	10 %	0.09
F4	3	3	4	2	3	4	4	23	9 %	10.89
F9	2	3	3	4	3	3	2	20	7 %	39.69
F5	2	1	3	2	3	3	4	18	7 %	68.89
Total								263	100 %	222.10

En la tabla anterior se muestran los resultados de la segunda ronda del método *DELPHI* arrojando como resultado la calificación de cada experto por factor y la ponderación en por ciento que cada uno de ellos le añade.

Con la información resultante de la tabla 3.1 se pasa a calcular la concordancia utilizando la d'ícima no paramétrica que utiliza el coeficiente de W. El planteamiento de esta d'ícima es:

H_0 : No hay acuerdo entre los expertos.

H_1 : Hay acuerdo entre los expertos.

El estadígrafo de W ofrece el valor que posibilita decidir el nivel de concordancia entre los jueces. El valor W oscila entre 0 y 1. El valor 1 significa una concordancia de juicios total, y el valor 0 un desacuerdo total; obviamente la tendencia a 1 es lo deseado, pudiéndose realizar nuevas rondas si en la primera no es alcanzada significación en la concordancia. El estadígrafo de esta prueba estadística y sus cálculos se muestran en el anexo 3. La región crítica de esta d'ícima es:

$$RC: K (N-1) W > \chi^2_{\alpha; n-1} \text{ si } N > 7$$

$$RC: 7 (10-1) 0.055 > X^2 0.99$$

$$RC: 3.465 > 2.09$$

N: número de factores ordenados.

$X^2 0.99$: Chi-cuadrado tabulado se localiza en la tabla estadística correspondiente con tal distribución para k-1 grados de libertad y un nivel de significación prefijada, generalmente, $\alpha=0.01$. (Ver anexo 4).

Después de realizado los cálculos pertinentes se puede expresar que se cumple la región crítica $RC: 3.465 > 2.09$ por lo que se rechaza H_0 y se acepta H_1 , se considera que hay acuerdo entre los expertos.

Ya obtenida la lista de los factores influyentes, se procede a realizar la ponderación de los factores en % que supone cada uno del total. Ver figura 3.1.

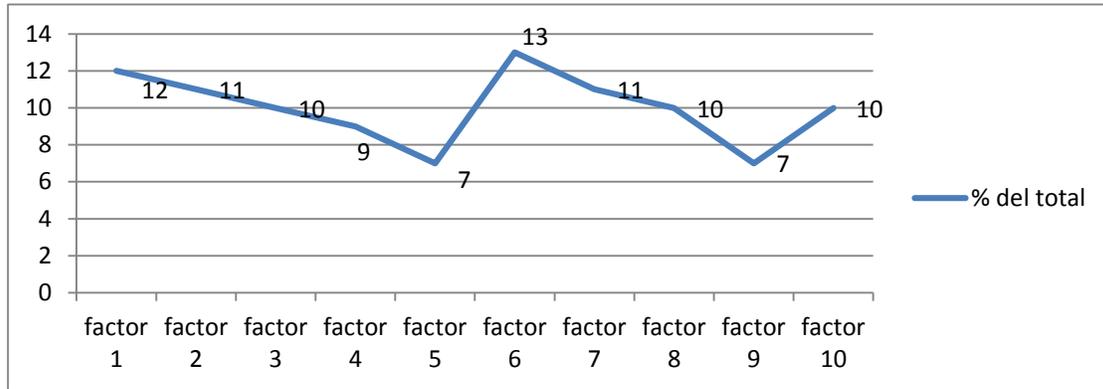


Figura 3.1: Porcentaje que supone cada factor sobre el total. **Fuente:** Elaboración Propia.

3.3 Selección de la ubicación de la planta.

Para la selección de la ubicación de la planta se aplicara el método de la media geométrica donde, primeramente se determinaron los factores a tener en cuenta para la localización, una vez procesados y obtenidos estos factores determinantes, se aplicó la dócima no paramétrica de Kendall, para la obtención de los pesos para cada uno de ellos. Posteriormente los especialistas ofrecen puntuaciones (1-10) las cuales se procesan según (Anexo 5) para obtener la puntuación definitiva para cada una de las alternativas. Los resultados se muestran en la tabla 3.2:

Tabla 3.2: Puntuaciones definitivas en cada alternativa. **Fuente:** Elaboración propia.

	Factor de localización	Ponderación del factor (%)	Alternativas		
			A	B	C
F6	Riesgo Químico	13	9.85	10.0	10.0
F1	Materias Primas	12	8.67	9.96	9.89
F7	Disponibilidad de Terreno	11	7.56	9.90	8.67
F2	Sistema Transporte	11	8.68	9.28	7.89
F3	Seguridad ante riesgos	10	7.59	8.67	8.05
F8	Costo de la construcción	10	7.90	9.36	9.46
F10	Sistemas Hidráulicos	10	8.34	10.0	7.67
F4	Capacidad Energética	9	6.78	8.32	9.45
F9	Medio Ambiente	7	8.12	9.34	8.24
F5	Disponibilidad Mano de Obra	7	9.56	10.0	10.0
	Total	100%	7.85	9.07	8.51

En la tabla anterior se puede observar las puntuaciones obtenidas para cada una de las alternativas obteniéndose como mayor puntuación la alternativa B por lo tanto es la propuesta para ubicar la nueva planta de sulfonación – sulfatación.

3.4 Derrotero y límites del área resultante.

Las coordenadas de los vértices del área resultante que se escoge por los expertos y la distancia que existe de un punto al siguiente se muestran en la tabla 3.3:

Tabla 3.3: Coordenadas de la planta de sulfonación-sulfatación. **Fuente:** Elaboración propia.

Punto	Coordenada X	Coordenada Y	Desde - Hasta	Distancia en m.
1	552.800,69	261.969,00	1-2	29
2	552.800,69	261.998,00	2-3	41
3	552.841,69	261.998,00	3-4	29
4	552.841,69	261.969,00	4-1	41

En la tabla anterior se muestran con exactitud las coordenadas cartesianas del área seleccionada (alternativa B). A través de estas se pueden plotear los puntos mediante cualquier sistema de coordenadas.

3.5 Procedimiento para desarrollo del método de Plan General. *Systematic Layout Planning (SLP)*.

Para realizar el plan general de la Planta de Sulfonación – Sulfatación se utiliza la metodología del SLP propuesta por Muther, mediante el plan general que sigue la secuencia lógica que se muestra en la figura 3.2:

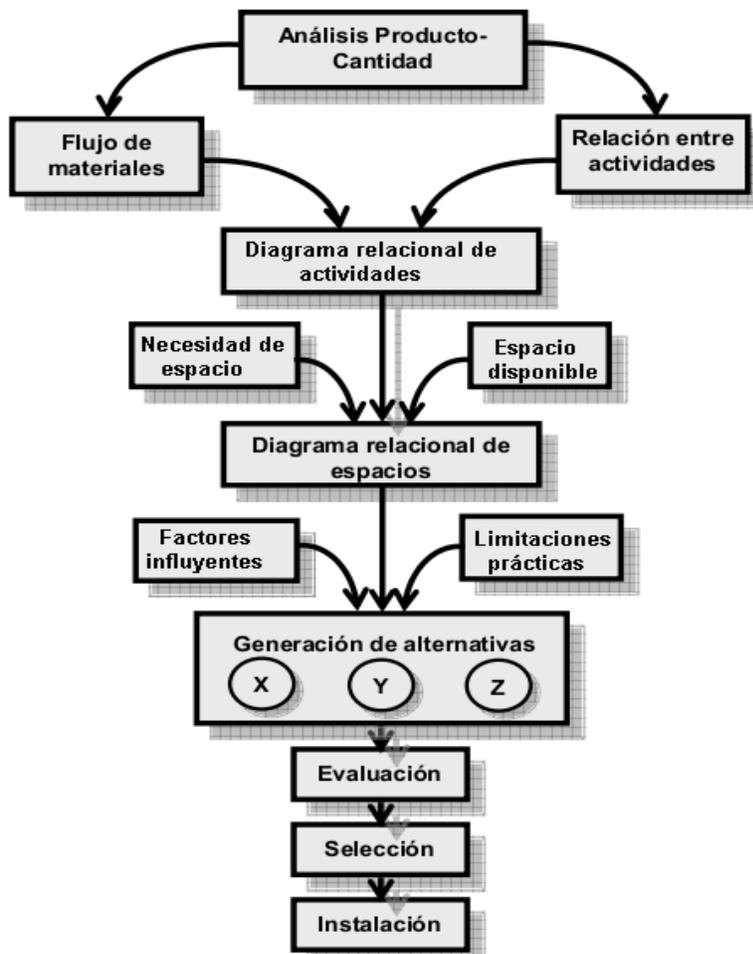


Figura 3.2: Esquema del Systematic Layout Planning. **Fuente:** Vega Alsina, 2010.

3.5.1 Desarrollo del método *Sistematic Layout Planning* (SLP) para determinar el plan general de la Planta Sulfonación – Sulfatación.

El método S.L.P. propone los elementos P.Q.R.S.T. (*Product, Quantity, Route, Services, Time*) como la base en que se fundamente todo trabajo de distribución:

- 1 (P) Producto o material a fabricar, incluyendo variaciones y características.
- 2 (Q) Cantidad o volumen de cada tipo de producto que debe fabricarse
- 3 (R) Recorrido o proceso, operaciones y secuencia en que se deben realizar
- 4 (S) Servicios y actividades auxiliares, que son necesarios en los diferentes departamentos para que se puedan llevar a cabo las tareas correspondientes
- 5 (T) Tiempo o medición de tiempos que relaciona P.Q.R.S. con cuándo, cuánto tiempo, qué tan pronto y qué tan seguido, además de que influye de manera directa sobre los otros cuatro elementos, ya que nos permite precisar cuándo deben fabricarse los productos, en qué cantidades. Y de acuerdo con esto, cuánto durará el proceso y qué tipo de máquinas lo mejorarán, qué servicios son necesarios y su situación, ya que de ellos depende la velocidad a la que el personal se desplace de un punto de trabajo a otro.

3.5.1.1 Análisis producto cantidad (PQ).

El primer paso para la realización de la planificación del plan general es la recopilación de las necesidades de los productos. Se parte del plan anual de la empresa para la planta cuando este en producción, (ver anexo 6), luego se realiza el diagrama de Pareto, que consiste en un gráfico de barras donde se ordenan de mayor a menor cantidad la producción. En este análisis se pretende demostrar que el tipo de plan general implantado es el adecuado para el proceso que se ejecuta en la planta.

En la figura 3.3 se puede observar que la curva obtenida presenta una pendiente cóncava, ya que refleja una producción de productos con mayor y menor demanda, por lo que es recomendable realizar una distribución por producto según explica el manual para el desarrollo del método SLP, edición 2008.

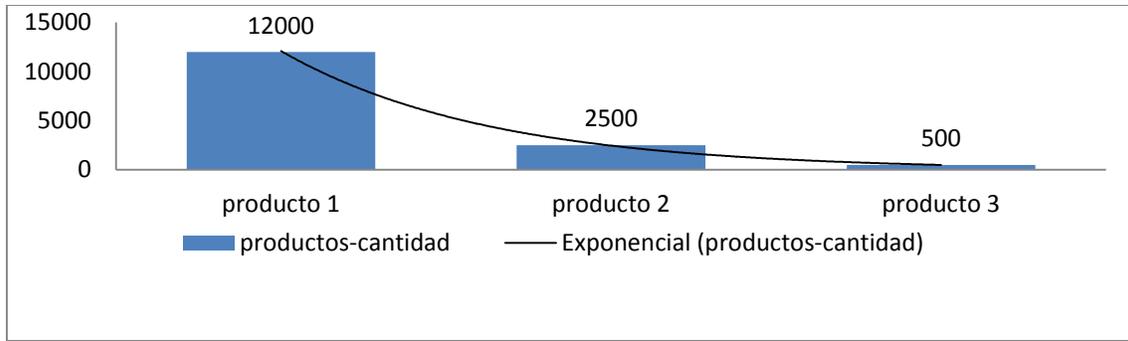


Figura 3.3: Diagrama Producto – Cantidad. **Fuente:** Elaboración Propia.

3.5.1.2 Análisis del flujo de materiales.

En este paso se describe el flujo productivo de la planta Sulfonación – Sulfatación (figura 3.4) así como los movimientos de los productos por las diferentes operaciones durante el proceso.

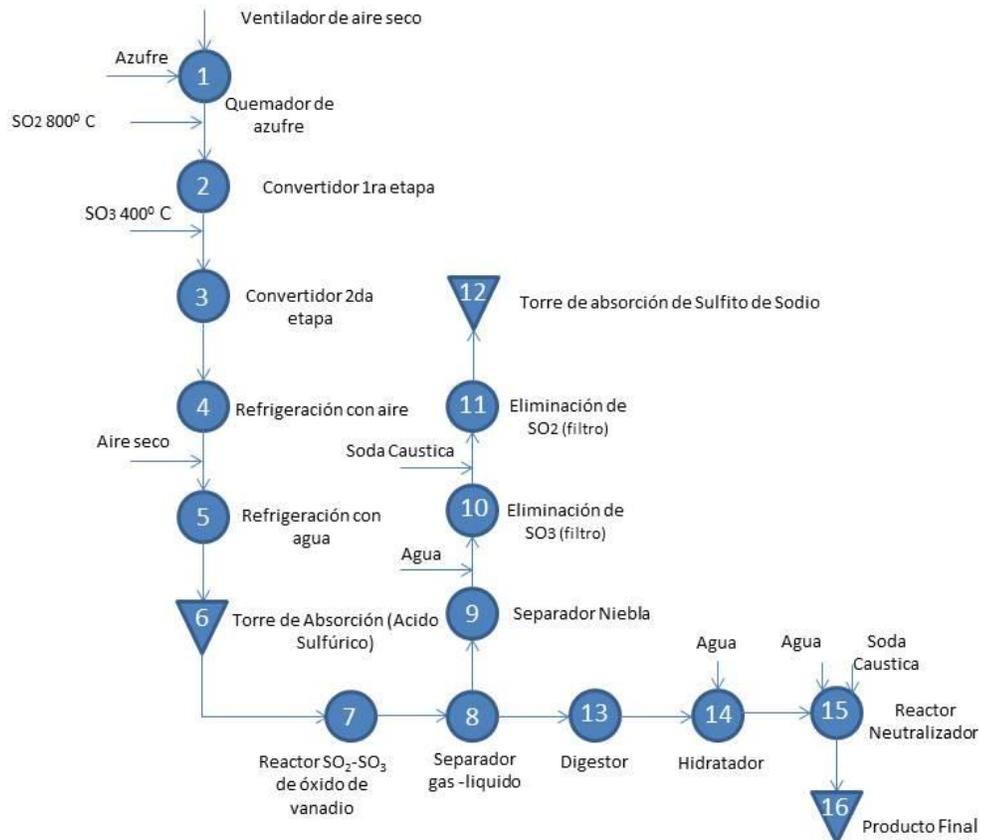


Figura 3.4: Diagrama de flujo del proceso de la planta Sulfonación – Sulfatación. **Fuente:** Elaboración Propia.

3.5.1.3 Diagrama relacional de actividades.

Para la realización de este diagrama se le asigna una codificación de colores según su importancia a cada valor de proximidad como se muestra en la figura 3.5.

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

Figura 3.5: Codificación para valores de proximidad entre las áreas. **Fuente:** Manual de SLP, edición 2008.

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 ubicar las áreas o puestos de trabajos que mayor flujo de movimientos presenten 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, cumpliendo además las distancias mínimas entre equipos planteadas en el capítulo anterior en la figura 2.6. Quedando conformado el diagrama relacional de recorridos y/o actividades como se muestra en la figura 3.6:

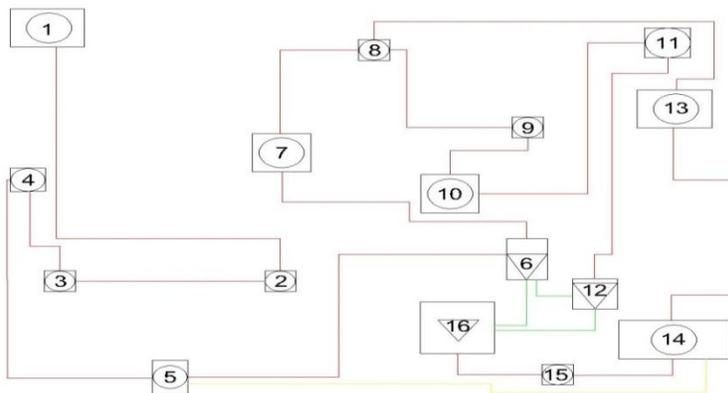


Figura 3.6: Diagrama de relaciones entre actividades. **Fuente:** Elaboración propia.

3.5.1.4 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.

Relación entre espacio necesario y espacio disponible.

Con el fin de conformar el diagrama relacional de espacios se tuvo en cuenta las áreas que ocupan cada puesto de trabajo en correspondencia con el área disponible con que cuenta el local, a continuación, se muestra en la tabla 3.4 lo antes mencionado:

Tabla 3.4: Relación de espacio necesario – espacio disponible en la Planta de Sulfonación – Sulfatación.
Fuente: Elaboración Propia.

Relación de espacio necesario - espacio disponible	
Área disponible total de la planta (m²)	41 m x 29 m = 1189 m ²
Área necesaria para puestos de trabajos (m²)	113.93 m ²
Espacios necesarios(m²)	
Quemador de Azufre	11.7
Convertidor 1ra etapa	2.56
Convertidor 2da etapa	2.56
Refrigeración con aire	3.24
Refrigeración con agua	4.68
Torre de absorción ácido sulfúrico	6.72
Reactor SO₂-SO₃	9
Separador Gas-Líquido	2.56
Separador Niebla	2.56
Eliminación de SO₃	10.81
Eliminación de SO₂	5.29
Torre de absorción de sulfito de sodio	5.29
Digestor	11.7
Hidratador	17.1
Reactor Neutralizador	2.56
Área de terminado	15.6
TOTAL	113.93

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

Uniendo la información de las áreas necesarias al diagrama relacional de recorrido-actividades se obtienen las alternativas 1, 2 y 3 del diagrama relacional de espacios como se muestra en la figuras 3.8, 3.11 y 3.14. En las cuales se definen las distancias a recorrer entre los equipos. En cada una de estas variantes existen los mismos puntos fijos en el terreno por los cuales se debe manejar las propuestas.

El plan general obtenido como alternativa 1 representa una distancia a recorrer de 286 m de desplazamiento, acercando los puestos de trabajo con el objetivo de obtener una producción en cadena, que reduce el movimiento de las personas y los equipos durante el proceso. (Ver figura 3.8):

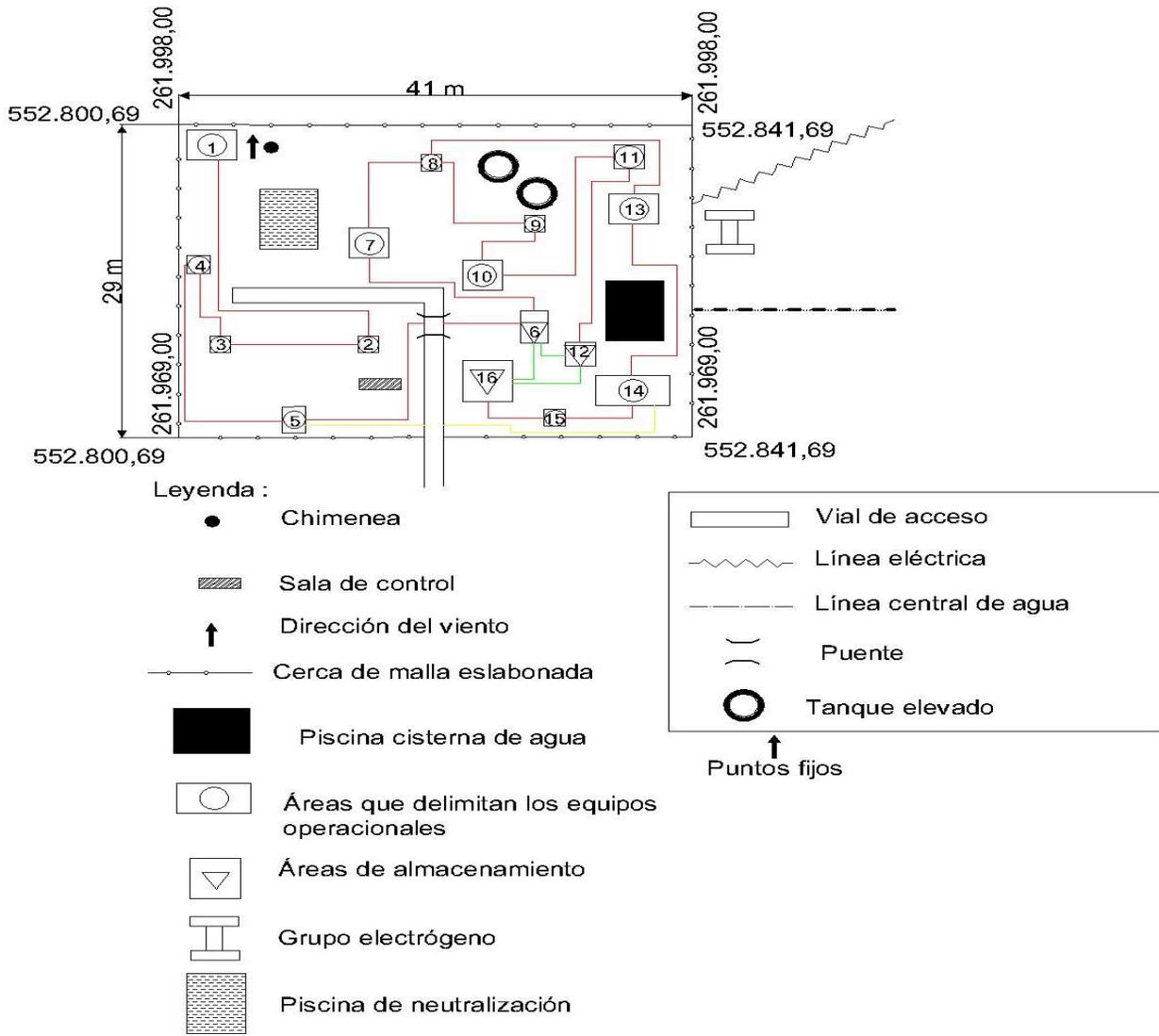


Figura 3.8: Alternativa 1 del plan general. **Fuente:** Elaboración Propia.

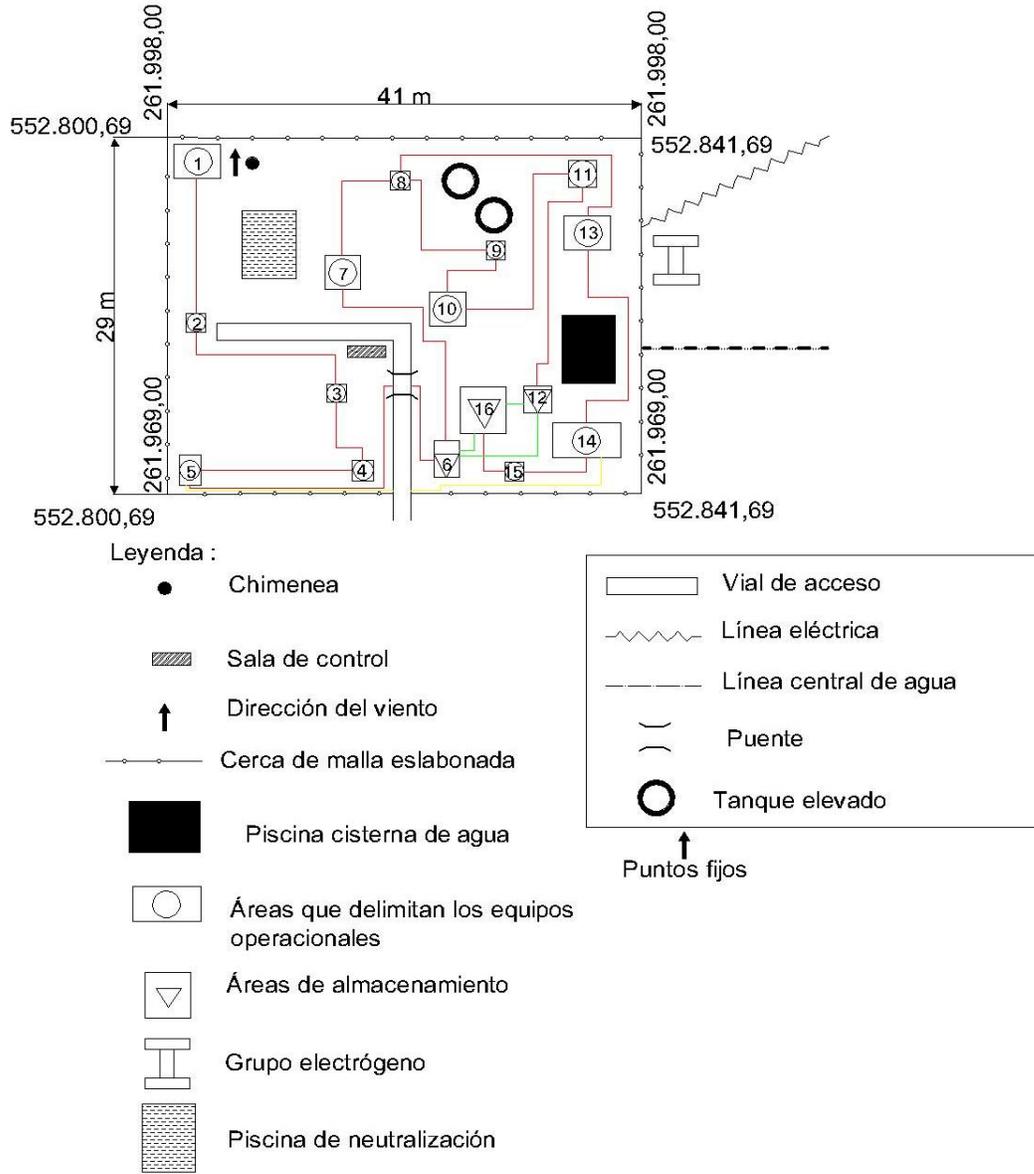
Las distancias obtenidas se muestran en la tabla 3.5 a partir de las distancias mostradas en la figura 2.6, así como también se muestra la distancia mínima que se debe cumplir entre los equipos. (Ver tabla 3.5):

Tabla 3.5: Distancias básicas por normativa y recorridas en el proceso. **Fuente:** Elaboración Propia.

Desde	Hasta	Distancia rectilínea básica por normas (m)	Distancia rectilínea básica en el proceso (m)	Distancia recorrida del proceso (m)	
1	2	15	15,0	12,0	
2	3	10	13,3	16,1	
3	4	3	7,1	7,2	
4	5	3	14,5	12,7	
5	6	15	21,0	35,9	
6	7	5	19,0	23,9	
7	8	5	9,4	10,5	
8	9	10	10,0	12,5	
9	10	5	6,6	6,8	
10	11	10	16,0	20,0	
11	12	10	19,9	21,1	
8	13	10	16,5	26,4	
13	14	5	18,2	22,1	
14	15	5	6,6	6,6	
15	16	5	6,0	6,0	
6	12	3	9,7	10,3	
6	16	3	5,7	5,0	
12	16	5	5,0	5,0	
5	14	15	33,5	38,4	
				298,5	total

En la tabla anterior se muestran en detalles las distancias mínimas básicas por normas que deben cumplir los equipos, las distancias básicas del proceso y las distancias recorridas. Nótese que en algunos casos la distancia del proceso es menor que la distancia básica del proceso, esto se debe a que la distancia del proceso es medible desde el límite del área y la distancia básica se mide desde el centro del área, en todos los recorridos se cumple que la distancia recorrida en el proceso es mayor e igual que la distancia requerida por normativa.

En el procesamiento de los datos de la alternativa 1 se aprecia que se cumple con los requisitos de separación básica entre equipos. A continuación en la figura 3.9 se muestra la relación entre las distancias básicas de cada equipo con los demás equipos en el proceso.



Las distancias obtenidas se muestran en la tabla 3.6 a partir de las distancias mostradas en la figura 2.6, así como también se muestra la distancia mínima que se debe cumplir entre los equipos. (Ver tabla 3.6):

Tabla 3.6: Distancias básicas por normas, en el proceso y recorridas. **Fuente:** Elaboración Propia.

Desde	Hasta	Distancia rectilínea básica por normas (m)	Distancia rectilínea básica en el proceso (m)	Distancia recorrida del proceso (m)	
1	2	15	15,0	12,0	
2	3	10	13,3	16,1	
3	4	3	7,1	7,2	
4	5	3	14,5	12,7	
5	6	15	21,0	35,9	
6	7	5	19,0	23,9	
7	8	5	9,4	10,5	
8	9	10	10,0	12,5	
9	10	5	6,6	6,8	
10	11	10	16,0	20,0	
11	12	10	19,9	21,1	
8	13	10	16,5	26,4	
13	14	5	18,2	22,1	
14	15	5	6,6	6,6	
15	16	5	6,0	6,0	
6	12	3	9,7	10,3	
6	16	3	5,7	5,0	
12	16	5	5,0	5,0	
5	14	15	33,5	38,4	
				298,5	total

En la tabla anterior se muestran en detalles las distancias mínimas básicas por normas que deben cumplir los equipos, las distancias básicas de cada equipo en el proceso y las distancias recorridas.

El proceso de los datos de la alternativa 2 cumple con los requisitos de separación básica entre equipos, a continuación en la figura 3.12 se muestra la relación entre las distancias básicas de cada equipo con los demás equipos en el proceso.

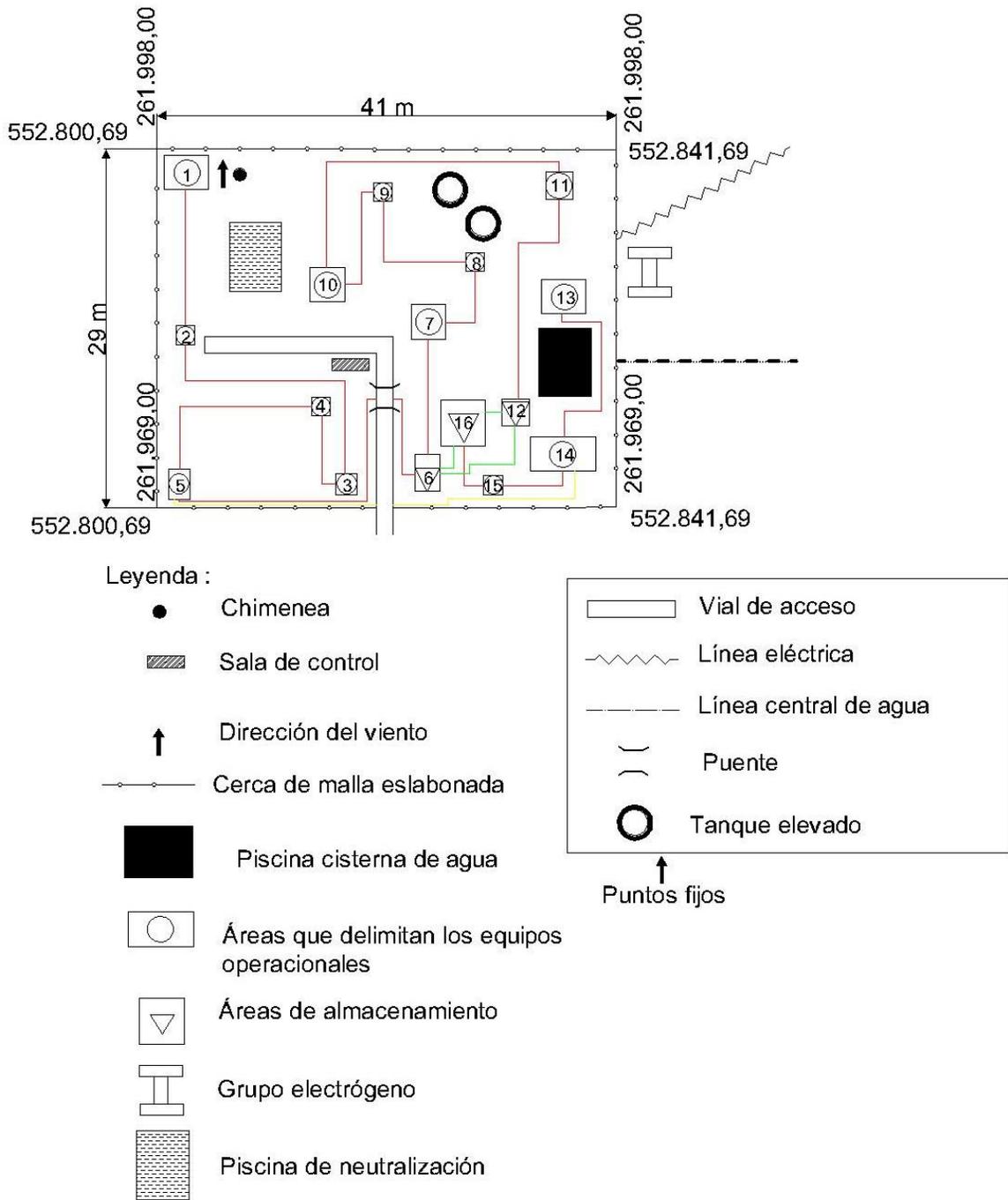


Figura 3.14: Alternativa 3 del plan general. **Fuente:** Elaboración propia.

Las distancias obtenidas se muestran en la tabla 3.7 a partir de las distancias mostradas en la figura 2.6, así como también se muestra la distancia mínima que se debe cumplir entre los equipos. (Ver tabla 3.7):

Tabla 3.7: Distancias básicas por normas, en el proceso y recorridas. **Fuente:** Elaboración Propia.

Desde	Hasta	Distancia rectilínea básica por normas (m)	Distancia rectilínea básica en el proceso (m)	Distancia recorrida del proceso (m)	
1	2	15	15,0	12,0	
2	3	10	19,0	25,0	
3	4	3	7,1	7,1	
4	5	3	14,5	16,9	
5	6	15	21,6	35,9	
6	7	5	13,4	10,0	
7	8	5	6,6	6,9	
8	9	10	10,0	12,4	
9	10	5	10,0	10,5	
10	11	10	22,0	30,0	
11	12	10	20,0	21,1	
8	13	10	10,0	26,4	
13	14	5	13,7	17,4	
14	15	5	6,6	6,6	
15	16	5	6,0	6,0	
6	12	3	9,7	10,7	
6	16	3	5,7	5,0	
12	16	5	5,0	5,0	
5	14	15	33,5	38,3	
				303,2	
					total

En la tabla anterior se muestran en detalles las distancias mínimas básicas por normas que deben cumplir los equipos, las distancias básicas del proceso y las distancias recorridas.

El proceso de los datos de la alternativa 3 cumple con los requisitos de separación básica entre equipos, a continuación en la figura 3.15 se muestra la relación entre las distancias básicas de cada equipo con los demás equipos en el proceso.

(1) Quemador de Azufre																				
(2) Convertidor 1ra etapa	15																			
(3) Convertidor 2da etapa	30,5	19																		
(4) Refrigeración con aire	23,5	13,3	7,1																	
(5) Refrigeración con agua	27,2	13	14,1	14,5																
(6) Torre de absorción ácido sulfúrico	33,8	24,4	10,2	11	21,6															
(7) Reactor SO ₂ O SO ₃	24,7	21,2	15,8	11,9	25,9	13,4														
(8) Separador Gas/Líquido	17,1	26	22,4	18,4	32,2	19,1	6,6													
(9) Separador Niebla	26,3	21,2	25,7	19,4	31	25	15	10												
(10) Eliminación de SO ₃	15,6	13,1	17,5	10,6	21,6	18,8	9,4	13	10											
(11) Eliminación de SO ₂	32,4	35,1	32	28,3	42,1	27,9	16,4	10	15,4	22										
(12) Torre Absorción Sulfito de Sodio	35,3	29,5	16,1	17,1	30	9,7	10,7	13,4	15	10,7	20									
(13) Digestor	33,5	33,2	25	23,2	37,3	19,6	12	10	18,2	13,6	20,7	10,7								
(14) Hidratador	40,9	34,5	19	21,5	33,5	12	16,4	18,4	27,7	16,4	25,3	5,7	13,7							
(15) Reactor Neutralizador	38,2	29,8	12,7	16,5	27,3	5,8	15,3	19,5	27,3	15,3	22,7	6,8	21,8	6,6						
(16) Área de Terminado	31,8	25,3	11,4	12,5	25,3	5,7	9,3	14	21,3	10,4	16,7	5	20,7	11,3	6					
	(1) Quemador de Azufre	(2) Convertidor 1ra etapa	(3) Convertidor 2da etapa	(4) Refrigeración con aire	(5) Refrigeración con agua	(6) Torre de absorción ácido sulfúrico	(7) Reactor SO ₂ O SO ₃	(8) Separador Gas/Líquido	(9) Separador Niebla	(10) Eliminación de SO ₃	(11) Eliminación de SO ₂	(12) Torre Absorción Sulfito de Sodio	(13) Digestor	(14) Hidratador	(15) Reactor Neutralizador	(16) Área de Terminado				

Figura 3.15: Distancias básicas de la Alternativa 3. **Fuente:** Elaboración Propia.

En la figura 3.16 se representan las distancias a recorrer entre cada equipo del proceso, siguiendo el principio de distancias mínimas básicas de la figura 2.6. Del capítulo anterior. Las distancias con valor (-), o sea distancias nulas significan que no tienen relación entre sí en el proceso.

Capítulo III: Propuesta de Localización y Plan General de la planta de Sulfonación – Sulfatación en la Empresa Química y Farmacéutica de Cienfuegos, EQUIFA.

(1) Quemador de Azufre																		
(2) Convertidor 1ra etapa	A 12																	
(3) Convertidor 2da etapa	-	A 25																
(4) Refrigeración con aire	-	-	A 7,1															
(5) Refrigeración con agua	-	-	-	A 16,9														
(6) Torre de absorción ácido sulfúrico	-	-	-	-	A 35,9													
(7) Reactor SO ₂ -SO ₃	-	-	-	-	-	A 10												
(8) Separador Gas-Líquido	-	-	-	-	-	-	A 6,9											
(9) Separador Niebla	-	-	-	-	-	-	-	A 12,4										
(10) Eliminación de SO ₃	-	-	-	-	-	-	-	-	A 10,5									
(11) Eliminación de SO ₂	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A 30								
(12) Torre Absorción Sulfito de Sodio	-	-	-	-	-	E 10,7	-	-	-	-	A 21,1							
(13) Digestor	-	-	-	-	-	-	-	A 26,4	-	-	-	-						
(14) Hidratador	-	-	-	-	I 38,3	-	-	-	-	-	-	A 17,4						
(15) Reactor Neutralizador	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	A 6,6					
(16) Área de Terminado	-	-	-	-	-	E 5	-	-	-	-	-	E 5	-	-	A 6			
	(1) Quemador de Azufre	(2) Convertidor 1ra etapa	(3) Convertidor 2da etapa	(4) Refrigeración con aire	(5) Refrigeración con agua	(6) Torre de absorción ácido sulfúrico	(7) Reactor SO ₂ -SO ₃	(8) Separador Gas-Líquido	(9) Separador Niebla	(10) Eliminación de SO ₃	(11) Eliminación de SO ₂	(12) Torre Absorción Sulfito de Sodio	(13) Digestor	(14) Hidratador	(15) Reactor Neutralizador	(16) Área de Terminado		

Figura 3.16: Distancia entre los equipos en la Alternativa 3. Fuente: Elaboración propia.

3.6 Elección del plan general.

Una vez obtenidas las posibles soluciones derivadas del estudio realizado se procede a escoger la solución definitiva, teniendo en cuenta los principios básicos de plan general y el árbol jerárquico (ver figura 3.17) para la selección del plan general.

Figura 3.17: Árbol jerárquico para la selección del mejor layout. **Fuente:** Elaboración propia.



Teniendo en cuenta la figura anterior se procede a tabular las distancias totales obtenidas de cada alternativa (ver tabla 3.8):

Tabla 3.8: Distancia total recorrida. **Fuente:** Elaboración propia.

Posibles soluciones	Distancia total recorrida (m)
Alternativa 1	286
Alternativa 2	298.5
Alternativa 3	303.2

En la tabla anterior se relaciona cada una de las variantes propuestas y la distancia total recorrida en la producción de la planta de Sulfonación – Sulfatación. Del análisis realizado anteriormente podemos concluir que de las tres variantes propuestas se considera que la Alternativa 1 es la más factible para el proceso. Esta variante cumple

con los requisitos que exige un correcto plan general, estos son minimizar los costos de inversión y minimizar los recorridos del proceso, 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 en la planta de Sulfonación – Sulfatación. Esta alternativa implica menos distancias a recorrer con 286 m lineales. En muchos casos hay que tener en cuenta que el movimiento de materias primas en el proceso se realiza de forma manual, por lo que la disminución de la distancia recorrida es determinante para la rapidez y seguridad del proceso.

3.7 Conclusiones parciales del capítulo.

1. A través de la aplicación del método de expertos se alcanzó analizar los factores influyentes para la localización de la planta de Sulfonación – Sulfatación.
2. La localización resultante de la planta de Sulfonación – Sulfatación reúne todos los requisitos de los factores empleados para su utilización, siendo esta la alternativa B con una puntuación final de 9.07.
3. El análisis métrico del área disponible en el local seleccionado, arrojó que es capaz de instalar los equipos que intervendrán en el proceso de producción en la planta de Sulfonación – Sulfatación.
4. Con la utilización del método de SLP se analizan 3 alternativas, siendo la alternativa 1 la más efectiva y seleccionada por los expertos, con un recorrido de 286 m.



Conclusiones

Conclusiones

1. Se analizaron elementos y conceptos fundamentales, resaltando la existencia de diversas metodologías y procedimientos, que aportan en gran medida criterios a seguir para la toma de decisiones.
2. Quedaron establecidos los requerimientos técnicos de los organismos rectores y de consulta, así como las distancias mínimas entre los equipos que intervendrán en el proceso tecnológico.
3. La localización resultante de la planta de Sulfonación – Sulfatación reúne todos los requisitos de los factores empleados para su utilización, siendo la alternativa B con una puntuación final de 9.07.
4. Con la aplicación del método de SLP se determinó que la alternativa 1 es la más efectiva, con un recorrido de 286 m.

Recomendaciones

1. Utilizar los métodos aplicados en la presente investigación para la localización y plan general en proyectos que se encuentran en etapa de investigación y desarrollo dentro de EQUIFA.



Bibliografía

Referencias Bibliográficas

- Ballou, R. (1991). *Logística empresarial: control y planificación*. Madrid, España: Díaz de Santos.
- Barrios, M. (2011). Fisonomía de la localización industrial y de la distribución de planta. *Ingeniería y Sociedad UC*, 6(1), 58-64.
- Buffa Elwood, S. (1981). *Administración de Operaciones. La administración de sistemas productivos*. (Primera). México: Limusa.
- Carro Paz, R., & González Gómez, D. (2014). Localización de instalaciones. Recuperado de http://nulan.mdp.edu.ar/1619/1/14_localizacion_instalaciones.pdf.
- Chase, R., & Aquilano, N. (2001). *Administración de Producción y Operaciones. Manufactura y Servicios*. (Octava). Santa Fe de Bogotá, Colombia: McGraw-Hill Interamericana, S.A.
- Consejo de Ministros. (2015). Decreto Ley No. 327 (Regulaciones del Proceso Inversionista). Recuperado May 30, 2017.
- Córdoba Parra, J. (2009). *Gestión de la producción*. Medellín, Colombia: Fundación Universitaria Luis Amigó. Recuperado de <http://www.funlam.edu.co>.
- Corominas, A. (1991). *Localización, distribución en planta y mantenimiento*. MARCOMBO S.A.
- Definiciones de distribución de planta. (n.d.). *Scribd*. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/51420648/Definiciones-de-distribucion-de-planta>.
- Días, R. (2013). Evaluación del Impacto Ambiental del análisis del Ciclo de vida de la producción de embutidos en el Centro de Elaboración El Mambí de Cienfuegos.
- Diéguez Matellán, E., Gómez Figueroa, O., & Negrín Sosa, E. (2006). *Las decisiones de localización en la Administración de Operaciones*. Monografía, Matanzas, Cuba: Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos.

- Diéguez Matellán, E., Gómez Figueroa, O., Negrín Sosa, E., & Parra Ferié, C. (2006). *Métodos de localización de instalaciones*. Monografía, Matanzas, Cuba: Universidad de Matanzas Camilo Cienfuegos.
- Diéguez Matellán, E., Gómez Figueroa, O., Negrín Sosa, E., & Pérez Gosende, P. (2007). *Localización y Distribución en Planta de instalaciones de producción y servicios. Apuntes para un libro de texto*. Matanzas, Cuba: Universidad de Matanzas.
- Diseño de Sistemas Productivos y Logísticos. (n.d.). .
- Distribución en planta. (2004). . Recuperado de <http://personales.upv.es/jpgarcia/LinkedDocuments/4%20Distribucion%20en%20planta.pdf>.
- Domínguez Machuca et. al. (1995). *Dirección de Operaciones*. Madrid, España: McGraw-Hill.
- Domínguez Machuca, J. (1995). *Dirección de Operaciones: Aspectos Tácticos y Operativos*. Barcelona, España: Ariel S.A.
- El método Delphi | GestioPolis. (2014, September 15). . Recuperado de <http://www.gestipolis.com/canales6/eco/metodo-delphi-estadistica-de-investigacion-cientifica.htm>.
- El papel del ordenamiento territorial y urbano en la gestión y conservación del patrimonio de ciudades menores y poblados históricos cubanos - Dialnet. (n.d.). . Recuperado de <file:///D:/tesis/tesis%20en%20ejecucion/para%20bibliografia%20en%20sotero/El%20papel%20del%20ordenamiento%20territorial%20y%20urbano%20en%20la%20gesti%C3%B3n%20y%20conservaci%C3%B3n%20del%20patrimonio%20de%20ciudades%20menores%20y%20poblados%20hist%C3%B3ricos%20cubanos%20-%20Dialnet.htm>.
- Estrategia de localizacion_cap_8 (2). (2014, September 16). . Recuperado de <http://es.slideshare.net/leosanchez12/estrategia-de-localizacioncap8-2>.

- Factores que Afectan la Distribución en Planta (Factor Movimiento). (n.d.). *prezi.com*.
Recuperado de <https://prezi.com/myzqlgidfnw/factores-que-afectan-la-distribucion-en-planta-factor-movimiento/>.
- Factores que influyen en la Distribución Planta. (2013, 31T21:32:42Z 5). . Recuperado de <http://es.slideshare.net/casadres/segunda-entrega-distribucin-planta>.
- Figueroa, G., Matellán, D., & Sosa, N. (2017, Abril). Localización y Distribución en Planta de instalaciones de producción y servicios.
- Galindo, A. (2017a, May 5). Distribución De Planta "Layout": Manufactura Esbelta. *Distribución De Planta "Layout"*. Recuperado de <http://distribuciondeplanta-alex.blogspot.com/2010/09/manufactura-esbelta.html>.
- Galindo, A. (2017b, May 5). Distribución De Planta "Layout": Justo A Tiempo. *Distribución De Planta "Layout"*. Recuperado de <http://distribuciondeplanta-alex.blogspot.com/2010/09/justo-tiempo.html>.
- Galindo, A. (2017c, May 5). Distribución De Planta "Layout": Distribución Por Producto. *Distribución De Planta "Layout"*. Recuperado de <http://distribuciondeplanta-alex.blogspot.com/2010/09/distribucion-por-producto.html>.
- Galindo, A. (2017d, May 5). Distribución De Planta "Layout": Distribución Por Proceso. *Distribución De Planta "Layout"*. Recuperado de <http://distribuciondeplanta-alex.blogspot.com/2010/09/distribucion-por-proceso.html>.
- Galindo, A. (2017e, May 5). Distribución De Planta "Layout": Distribución Híbrida. *Distribución De Planta "Layout"*. Recuperado de <http://distribuciondeplanta-alex.blogspot.com/2010/09/distribucion-hibrida.html>.
- Galindo, A. (2017f, May 5). Distribución De Planta "Layout": Distribución De Posición Fija. *Distribución De Planta "Layout"*. Recuperado de <http://distribuciondeplanta-alex.blogspot.com/2010/09/distribucion-de-posicion-fija.html>.
- Gutiérrez, H., & de la Vara, R. (2004). *Control estadístico de la calidad y Seis Sigma*. México: McGraw-Hill Interamericana Editores.

Hernández. (1993). IR–M–01 Separación Entre Equipos E Instalaciones.

Hernández Sampieri, R. (2000). *Metodología de la Investigación*. Mc Grow Hill.

Krajewski, L., & Ritzman, L. (2000). *Administración de Operaciones. Estrategia y Análisis*. (Quinta.). México: Pearson Educación.

La localización de la planta | Gestión.Org. (2017, May 31). . Recuperado de

<http://www.gestion.org/estrategia-empresarial/1900/la-localizacion-de-la-planta/>.

Linstone, H., & Turrof, M. (1975). *The Delphi method, techniques and applications*.

Estados Unidos: Addison Wesley Publishing.

Localizacion. (2017, May 31). . Recuperado de

http://es.slideshare.net/profedeeconomia/localizacion-presentation-832046?qid=6659e4d7-1561-4cb1-ae22-28caec22ad6b&v=qf1&b=&de_search=11.

Localización de instalaciones. (2004). . Recuperado de

<http://personales.upv.es/jpgarcia/LinkedDocuments/5%20Localizaciion%20instalaciones.pdf>.

Localización de Localización de Múltiples Instalaciones Métodos Cualitativos (2014,

September 15). . Recuperado de <http://es.slideshare.net/Naleex/localizacion-de-localizacion-de-multiples-instalaciones-metodos-cualitativos>.

Localización de múltiples instalaciones. (2017, May 31). . Recuperado de

http://es.slideshare.net/LDLH_LOZADA/localizacion-de-multiples-inslaciones?next_slideshow=1.

Localización De Plantas. (2017, May 31). . Recuperado de

<http://es.slideshare.net/calidonauta/ap-tema-13-localizacion>.

Localización del Proyecto. (2014). . Recuperado de

[http://soda.ustadistancia.edu.co/enlinea/Proyecto%20de%20Grado%20Fase%20I%20\(Segundo%20Momento\)/localizacin_del_proyecto.html](http://soda.ustadistancia.edu.co/enlinea/Proyecto%20de%20Grado%20Fase%20I%20(Segundo%20Momento)/localizacin_del_proyecto.html).

- Localización y distribución de planta. (2017, May 31). . Recuperado de http://es.slideshare.net/pauaragon/localizacion-y-distribucion-de-planta?qid=6659e4d7-1561-4cb1-ae22-28caec22ad6b&v=qf1&b=&de_search=9.
- Vallhonrat Josep M, Subias Albert Corominas, (2017, May 31). Localización, distribución en planta y manutención. Recuperado de http://books.google.com.cu/books?id=B5Gch3V2XXcC&pg=PA51&lpg=PA51&dq=distribucion+en+planta+richard+muther&source=bl&ots=RWynV6AyYa&sig=uXVMhIs-FYB_OqEoHRz7-JrD3cA&hl=es&sa=X&ei=a1bqU43EHIWkyATV34CIAg&ved=0CCUQ6AEWA#g#v=onepage&q=distribucion%20en%20planta%20richard%20muther&f=false.
- Manual 19 Distribución en Planta SLP. (2008). .
- Martínez, J. (2014, September 22). Distribución en planta. Recuperado de <http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/ger/distriplantarodri.htm>.
- Mas, D. (2010). *Tesis de Distribución en planta*. Recuperado de http://unavdocs.files.wordpress.com/2010/10/diego_mas_distribucion_en_planta.pdf.
- Meller, R., & Gau, K. (1996). The facility layout problem: Recent and emerging trends and perspective, 351-366.
- Método de Brown y Gibson. (2017, May 31). . Recuperado de <http://es.slideshare.net/sergioluisgarcia/browngibson>.
- Método Heurístico de Ardalan - Ingeniería Industrial. (2017, May 31). . Recuperado de <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/dise%C3%B1o-y-distribuci%C3%B3n-en-planta/m%C3%A9todo-heur%C3%ADstico-de-ardalan/>.
- Metodologías para la resolución de problemas de distribución en planta (página 2) - Monografias.com. (2017, May 31). . Recuperado de

<http://www.monografias.com/trabajos65/resolucion-distribucion-planta/resolucion-distribucion-planta2.shtml>.

Métodos de Localización de Planta - Ingeniería Industrial. (2017, May 31). . Recuperado de <http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/dise%C3%B1o-y-distribuci%C3%B3n-en-planta/m%C3%A9todos-de-localizaci%C3%B3n-de-planta/>.

Métodos Heurísticos. (2017, May 31). . Recuperado de <http://es.slideshare.net/villa333/mtodos-heuristicos>.

Métodos Puntos Ponderados. (2017, May 31). . Recuperado de <http://es.slideshare.net/sergioluisgarcia/metodos-puntos-ponderados>.

Modelo de Huff - Wikipedia, la enciclopedia libre. (2017, May 31). . Recuperado de http://es.wikipedia.org/wiki/Modelo_de_Huff.

Murillo Jorge, M. (2011). Resolución sobre los Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución.

Muther, R. (1968). *Planificación y proyección de la empresa industrial (Método SLP)*. Barcelona, España: Editorial Técnicos Asociados S.A.

Muther, R. (s.a.) *Planificación de la empresa industrial*. Barcelona, España: Editorial Técnicos Asociados S.A.

Muther, R. (s.a.) *Distribución en Planta*. (Segunda). Barcelona, España: hispano-europeo.

NC 521 Vertimiento a Zona Costera. (n.d.). . Recuperado de <file:///D:/tesis/tesis%20en%20ejecucion/para%20bibliografia%20en%20sotero/NC%20521%20Vertimiento%20a%20Zona%20Costera%20ok.htm>.

NC-27-99 Vertimiento.. - Centro@Ciencia,Biblioteca Digital de ... (n.d.). . Recuperado de <file:///D:/tesis/tesis%20en%20ejecucion/para%20bibliografia%20en%20sotero/N>

- C-27-99%20Vertimiento..%20-%20Centro@Ciencia,Biblioteca%20Digital%20de.htm.
- Nogueira, D., Medina, A., & Nogueira, C. (2004). *Fundamentos para el Control de la Gestión Empresarial*. La Habana, Cuba: Editorial Pueblo y Educación.
- Paz, R., & González, D. (n.d.). Localización de instalaciones.
- Principios De Richard Muther. (n.d.). *prezi.com*. Recuperado de <https://prezi.com/et5q15z7kega/principios-de-richard-muther/>.
- Proceso de Análisis Jerárquico. (2017, May 31). . Recuperado de <http://www.eumed.net/tesis-doctorales/2008/amr/Proceso%20de%20Analisis%20Jerarquico.htm>.
- Resumen Localización en Planta - Taringa! (2014, September 24). . Recuperado de <http://www.taringa.net/posts/apuntes-y-monografias/6775808/Resumen-Localizacion-en-Planta.html>.
- Richard Muther Distribución de Planta. (n.d.). *Scribd*. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/139986656/10-fundamentos-Richard-Muther-Distribucion-de-Planta>.
- Técnicas y métodos de distribución en planta en una instalación - Monografias.com. (n.d.). . Recuperado de <http://www.monografias.com/trabajos87/tecnicas-metodos-distribucion-planta-instalacion/shtml>.



Anexos

Anexo # 1. Encuesta 1

Estimado Especialista:

Se está realizando un estudio con el propósito de alcanzar la localización y plan general factible de la planta Sulfonación – Sulfatación, que permita un mejor funcionamiento y eficiencia en el trabajo, se le pide que exponga según su nivel de conocimiento a través de los criterios mostrados, los factores que crea usted sean los más notables.

Le pedimos además que usted añada si estima necesario cualquier otro elemento que no se encuentre señalado en la lista.

CUESTIONARIO

1. Materias Primas _____
2. Transporte _____
3. Seguridad _____
4. Energía _____
5. Mano de Obra _____
6. Riesgo Químico _____
7. Terreno _____
8. Costos _____
9. Ambientales _____
10. Sistemas Hidráulicos _____

Anexo # 2. Encuesta 2

Estimado Especialista:

Para la elección de la localización definitiva partiendo de las variantes propuestas, se le pide que otorgue a cada uno de los factores un peso por cada localización, utilizando la escala que se muestra a continuación:

- 0- No significativo
- 1- Poco significativo
- 2- Considerable
- 3- Aceptable
- 4- Adecuado
- 5- Muy adecuado

No.	Factores	Nivel de Importancia
1	Ubicación de las Materias Primas	
2	Sistema transporte especializado	
3	Seguridad ante riesgos laborales	
4	Capacidad Energética	
5	Disponibilidad mano de obra tecnológica	
6	Riesgo Químico	
7	Disponibilidad de Terreno	
8	Costo de la construcción	
9	Daños al medio ambiente	
10	Sistemas hidráulicos disponibles	

Anexo # 3 Cálculos de la dócima no paramétrica de Kendall (W)

$$W = \frac{12S}{K^2(N^3 - N) - K \sum T_j}$$

$$W = \frac{7^2(N^3 - N) - 7 \cdot \sum T_j}{12 \cdot 222.10}$$

$$W = \frac{2665.2}{49(1000 - 10) - 7 \cdot 62.66}$$

$$W = 0.05$$

$$T_j = \sum (t^3 - t) / 12$$

$$T_1 = [(2^3-2) + (3^3-3) + (3^3-3) + (2^3-2)] / 12$$

$$T_1 = 5$$

$$T_2 = [(4^3-4) + (4^3-4)] / 12$$

$$T_3 = [(2^3-2) + (4^3-4) + (4^3-4)] / 12$$

$$T_3 = 10.5$$

$$T_4 = [(3^3-3) + (4^3-4) + (2^3-2)] / 12$$

$$T_4 = 7.83$$

$$T_5 = [(3^3-3) + (4^3-4) + (3^3-3) / 12]$$

$$T_5 = 9$$

$$T_6 = [(3^3-3) + (4^3-4) + (3^3-3) / 12$$

$$T_6 = 9.33$$

Dónde: S: suma de los cuadrados de las desviaciones observadas de la media de R_j; su cálculo es efectuado mediante la expresión:

$$S = \sum (R_i - \sum(R_i/N))^2 = \sum (R_i - R_m)^2$$

$$S = 222.10$$

$$R_m = \sum R_i / N$$

$$R_m = 26.3$$

Anexo # 4 Distribución Chi Cuadrado χ^2 .

v/p	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	0,975	0,99	0,995	0,9975	0,999
1	0,3573	0,2750	0,2059	0,1485	0,1015	0,0642	0,0358	0,0158	0,0039	0,0010	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000
2	1,1957	1,0217	0,8616	0,7133	0,5754	0,4463	0,3250	0,2107	0,1026	0,0506	0,0201	0,0100	0,0050	0,0020
3	2,1095	1,8692	1,6416	1,4237	1,2125	1,0052	0,7978	0,5844	0,3518	0,2158	0,1148	0,0717	0,0449	0,0243
4	3,0469	2,7528	2,4701	2,1947	1,9226	1,6488	1,3665	1,0636	0,7107	0,4844	0,2971	0,2070	0,1449	0,0908
5	3,9959	3,6555	3,3251	2,9999	2,6746	2,3425	1,9938	1,6103	1,1455	0,8312	0,5543	0,4118	0,3075	0,2102
6	4,9519	4,5702	4,1973	3,8276	3,4546	3,0701	2,6613	2,2041	1,6354	1,2373	0,8721	0,6757	0,5266	0,3810
7	5,9125	5,4932	5,0816	4,6713	4,2549	3,8223	3,3583	2,8331	2,1673	1,6899	1,2390	0,9893	0,7945	0,5985
8	6,8766	6,4226	5,9753	5,5274	5,0706	4,5936	4,0782	3,4895	2,7326	2,1797	1,6465	1,3444	1,1042	0,8571
9	7,8434	7,3570	6,8763	6,3933	5,8988	5,3801	4,8165	4,1682	3,3251	2,7004	2,0879	1,7349	1,4501	1,1519
10	8,8124	8,2955	7,7832	7,2672	6,7372	6,1791	5,5701	4,8652	3,9403	3,2470	2,5582	2,1558	1,8274	1,4787
11	9,7831	9,2373	8,6952	8,1479	7,5841	6,9887	6,3364	5,5778	4,5748	3,8157	3,0535	2,6032	2,2321	1,8338
12	10,7553	10,1820	9,6115	9,0343	8,4384	7,8073	7,1138	6,3038	5,2260	4,4038	3,5706	3,0738	2,6612	2,2141
13	11,7288	11,1291	10,5315	9,9257	9,2991	8,6339	7,9008	7,0415	5,8919	5,0087	4,1069	3,5650	3,1118	2,6172
14	12,7034	12,0785	11,4548	10,8215	10,1653	9,4673	8,6963	7,7895	6,5706	5,6287	4,6604	4,0747	3,5820	3,0407
15	13,6790	13,0298	12,3809	11,7212	11,0365	10,3070	9,4993	8,5468	7,2609	6,2621	5,2294	4,6009	4,0697	3,4825
16	14,6555	13,9827	13,3096	12,6243	11,9122	11,1521	10,3090	9,3122	7,9616	6,9077	5,8122	5,1422	4,5734	3,9417
17	15,6328	14,9373	14,2406	13,5307	12,7919	12,0023	11,1249	10,0852	8,6718	7,5642	6,4077	5,6973	5,0916	4,4162
18	16,6108	15,8932	15,1738	14,4399	13,6753	12,8570	11,9462	10,8649	9,3904	8,2307	7,0149	6,2648	5,6234	4,9048
19	17,5894	16,8504	16,1089	15,3517	14,5620	13,7158	12,7727	11,6509	10,1170	8,9065	7,6327	6,8439	6,1673	5,4067
20	18,5687	17,8088	17,0458	16,2659	15,4518	14,5784	13,6039	12,4426	10,8508	9,5908	8,2604	7,4338	6,7228	5,9210
21	19,5485	18,7683	17,9843	17,1823	16,3444	15,4446	14,4393	13,2396	11,5913	10,2829	8,8972	8,0336	7,2889	6,4467
22	20,5288	19,7288	18,9243	18,1007	17,2396	16,3140	15,2787	14,0415	12,3380	10,9823	9,5425	8,6427	7,8648	6,9829
23	21,5095	20,6902	19,8657	19,0211	18,1373	17,1865	16,1219	14,8480	13,0905	11,6885	10,1957	9,2604	8,4503	7,5291
24	22,4908	21,6525	20,8084	19,9432	19,0373	18,0618	16,9686	15,6587	13,8484	12,4011	10,8563	9,8862	9,0441	8,0847
25	23,4724	22,6156	21,7524	20,8670	19,9393	18,9397	17,8184	16,4734	14,6114	13,1197	11,5240	10,5196	9,6462	8,6494
26	24,4544	23,5794	22,6975	21,7924	20,8434	19,8202	18,6714	17,2919	15,3792	13,8439	12,1982	11,1602	10,2561	9,2222
27	25,4367	24,5440	23,6437	22,7192	21,7494	20,7030	19,5272	18,1139	16,1514	14,5734	12,8785	11,8077	10,8733	9,8029
28	26,4195	25,5092	24,5909	23,6475	22,6572	21,5880	20,3857	18,9392	16,9279	15,3079	13,5647	12,4613	11,4973	10,3907
29	27,4025	26,4751	25,5391	24,5770	23,5666	22,4751	21,2468	19,7677	17,7084	16,0471	14,2564	13,1211	12,1278	10,9861

Anexo # 5. Encuesta 3

Estimado Especialista:

Con el fin de elegir una localización factible definitiva partiendo de los criterios emitidos, se le pide que otorgue a cada uno de los factores un peso por cada alternativa, emitiendo según su nivel de conocimiento sobre el tema, y además utilizando la escala del 1 al 10.

	Factor de localización	Ponderación del factor (%)	Alternativas		
			A	B	C
F6	Riesgo Químico	13			
F1	Materias Primas	12			
F7	Disponibilidad de Terreno	11			
F2	Sistema Transporte	11			
F3	Seguridad ante riesgos	10			
F8	Costo de la construcción	10			
F10	Sistemas Hidráulicos	10			
F4	Capacidad Energética	9			
F9	Medio Ambiente	7			
F5	Disponibilidad Mano de Obra	7			
	Total	100%			

**Anexo # 6 Propuesta del Plan Anual de la Planta Sulfonación – Sulfatación
en su primer año de producción**

GRUPO EMPRESARIAL EQUIFA														
PLAN DE PRODUCCION														
PRODUCCIONES	U.M.	TOTAL	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
	TON	15000	1249											
1	Ácido Dodecil Benceno Sulfónico	TON	12000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
2	Lauril Éter Sulfato de Sodio.	TON	2500	208	208	208	208	208	208	208	208	208	208	212
3	Lauril Sulfato de Sodio.	TON	500	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41	41