



Universidad de Cienfuegos “Carlos Rafael Rodríguez”

Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales

Departamento de Ingeniería Industrial

Título:

***“Propuesta de Microlocalización y Plan General de una
Central Eléctrica de Grupos Electrógenos Diesel en el
Municipio de Cumanayagua”***

Tesis en opción al título de Ingeniero Industrial.

Autora: Dailyn Pérez Almeida

Tutor: M Sc. Ing. Danny Daniel Hernández Capote.

Cienfuegos, 2019.





FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES

Hago constar que la presente investigación fue realizada por la Universidad de Cienfuegos, como parte de la culminación de los estudios en la especialidad de Ingeniería Industrial; autorizando que la misma sea utilizada para los fines que estime conveniente, tanto de forma parcial como total y que además no podrá ser presentada en eventos ni publicado sin la aprobación de la Universidad de Cienfuegos.

Autor (es)

Los abajo firmantes certificamos que el presente trabajo ha sido realizado 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 - Técnica

Nombre y Apellidos. Firma

Computación

Nombre y Apellidos. Firma

Tutor

Tutor

Tutor

Pensamiento



*“El futuro pertenece a los que creen en la
belleza de sus sueños”*

Eleanor Roosevelt

Agradecimientos



AGRADECIMIENTOS

Mis más sinceros agradecimientos:

A Dios por permitirme realizar un sueño de toda la vida.

A mis padres por haberme apoyado desde el comienzo de mi formación profesional y por estar siempre ahí para mí incondicionalmente, pues sin ellos hubiese resultado mucho más difícil el transcurso de estos 6 años de estudio incesante.

A mi esposo por estar a mi lado durante todos estos años y siempre presente en todos los momentos en los que he necesitado su ayuda incondicional y comprensión. Por haber transitado conmigo por este largo período de esfuerzo y sacrificio.

A mis amigas (os) de muchos años con quienes he compartido momentos maravillosos, que vivirán por siempre en mis recuerdos sea cual sea el camino que cada uno de nosotros deba tomar en la vida.

A mi tutor por dedicarme horas de su tiempo y atención, por colaborar amablemente conmigo y apoyarme en momentos de dificultad y preocupación, y sobre todo por aceptar trabajar conmigo cuando más lo necesitaba.

A mis compañeros de trabajo por su consideración y por aportarme ideas para el desarrollo de esta investigación.

A todos los profesores que de alguna forma u otra aportaron a mi formación como ingeniera durante estos 6 años de estudio.

En fin, a todas aquellas personas que de alguna forma u otra han estado presentes en mi vida, me han tenido paciencia, me han estimado y han colaborado en mi preparación profesional.

¡Muchas Gracias!

Dedicatoria



DEDICATORIA

A mis padres porque sé que para ellos es un orgullo que haya llegado hasta donde estoy hoy, por educarme y enseñarme a ser la persona que soy, siempre perseverante e insistente en todas mis metas y sobre todo por su amor y apoyo incondicional.

A mi esposo por su paciencia y amor, por su apoyo y constancia durante todos estos años y porque siempre creyó en lo que soy capaz de alcanzar siempre que me lo propongo.

A mis amigas (os) por su incondicionalidad en todo momento y por su apoyo siempre que los he necesitado. Por estar ahí para mí siempre, cerca o lejos, pero siempre ahí.

A todas las personas que amo y que he amado a lo largo de mi vida y a todos los que creyeron en que un día llegaría a ser una gran profesional.

Resumen



RESUMEN

El presente trabajo se realiza en la UEB Geysel de Cienfuegos, titulado: "Propuesta de Microlocalización y Plan General de una Central Eléctrica de Grupos Electrógenos Diesel en el Municipio de Cumanayagua", con el mismo se pretende obtener una propuesta de microlocalización y plan general para la construcción de una nueva central eléctrica de grupos electrógenos en dicho municipio. Se realiza una investigación documentada sobre las consideraciones teóricas generales acerca de la legislación del proceso inversionista en Cuba, Localización y Plan General sirviendo como base para la investigación, así como también se caracteriza la entidad objeto de estudio, se determinan los factores principales a tener en cuenta para la ubicación de la instalación, se definen las distancias mínimas entre los diferentes elementos que integraran dicha central, asimismo se definen los métodos y herramientas a utilizar para el desarrollo de la propuesta de microlocalización y plan general que garantice una adecuada distribución espacial e impacto ambiental mínimo y a través del criterio de los expertos se realiza la evaluación de las áreas propuestas. Para la propuesta de microlocalización se utiliza el método de la Media Geométrica por la exactitud de sus resultados y para el plan general se utiliza el método (*Systematic Layout Planning*) SLP por las características técnicas que posee la nueva instalación.

Summary



S U M M A R Y

The present work is carried out in the UEB Geysel de Cienfuegos, entitled: "Proposal of Microlocalization and General Plan of a Diesel Generating Station Power Plant in the Municipality of Cumanayagua", with the same, it is intended to obtain a proposal of microlocalización and general plan for the construction of a new electrical power station of generators in this municipality. A documented investigation is made on the general theoretical considerations about the legislation of the investment process in Cuba, Location and General Plan, serving as the basis for the research, as well as the entity under study is characterized, the main factors to be taken into account for the location of the installation are determined, the minimum distances between the different elements that make up the plant are defined, likewise, the methods and tools to be used for the development of the microlocation proposal and the general plan that guarantee adequate spatial distribution and minimum environmental impact are defined and the evaluation of the proposed areas is carried out through the experts' criteria. For the microlocalization proposal the method of the Geometric Media is used for the accuracy of its results and for the general plan the method (Systematic Layout Planning) SLP is used for the technical characteristics of the new installation.

Índice



Índice

Agradecimientos	iii
Dedicatoria	v
Resumen	vi
Summary	viii
Introducción	1
Capítulo I: Fundamentos teóricos generales sobre la legislación del proceso inversionista en Cuba, microlocalización y plan general de instalaciones.	11
1.1 Legislación del proceso inversionista (Decreto Ley 327/2014).	12
1.1.1 Organismos rectores, consultantes y legislaciones aplicadas.	13
1.2 Localización de instalaciones.	14
1.2.1 Fundamentos teóricos generales sobre localización.	15
1.2.1.1 Las decisiones de localización: causas, tipos e importancia.	17
1.2.1.2 Procedimiento general para la toma de decisiones de localización.	20
1.2.2 Factores que intervienen en la localización de una instalación.	23
1.2.3 Métodos de selección de localización.	25
1.3 Plan General de Instalaciones.	26
1.3.1 Fundamentos teóricos sobre plan general de instalaciones.	27
1.3.1.1 Principios o fundamentos básicos de guía para un plan general.	28
1.3.1.2 Objetivos básicos de un plan general.	30
1.3.1.3 Principios básicos para un plan general.	30
1.3.1.4 Ventajas de un eficiente plan general.	32
1.3.2 Tipos de plan general.	33
1.3.2.1 Fases de Desarrollo del plan general.	38
1.3.2.2 Factores que intervienen en el plan general de una instalación.	39
1.3.4 Métodos de plan general.	41

1.4 Conclusiones del capítulo	42
Capítulo II: Caracterización de la Empresa Geysel UEB Cienfuegos.....	44
2.1 Caracterización de la Empresa Geysel.	44
2.2 Descripción del proceso.	49
2.3. Información técnica de la inversión.	53
2.4. Legislación, especificaciones y normas aplicadas a la inversión.	56
2.4.1. Legislación del proceso inversionista en Cuba (Decreto Ley No. 327/2014).	56
2.4.2. Organismos rectores, de consulta y legislaciones aplicadas.	57
2.4.3. Regulaciones específicas de los Organismos Rectores.	58
2.4.4. Condicionantes específicas de los Organismos Rectores.	59
2.4.5. Normas, regulaciones y otros instrumentos consultados.	60
2.4.6. Separación mínima referencial entre los diferentes elementos dentro de la instalación.	61
2.5. Métodos a utilizar para la propuesta de microlocalización y plan general.	63
2.5.1. Método de la media geométrica.	64
2.5.2 Método de Planeación Sistemática de la Distribución en Planta (SLP).	64
2.6 Conclusiones del capítulo	65
Capítulo III: Propuesta de Microlocalización y Plan General de la Central Eléctrica. 67	67
3.1 Selección de los factores para la microlocalización según expertos.	67
3.1.1 Selección de expertos.	67
3.2 Selección de factores.	70
3.3 Selección de la ubicación de la central eléctrica de grupos electrógenos diesel.	73
3.4 Procedimiento para el desarrollo del método de Plan General por el Método Sistematic Layout Planning (SLP).	78
3.4.1 Desarrollo del método Planeación Sistemática (SLP) para determinar el plan general de la Central Eléctrica.	79
3.4.1.1 Análisis Producto - Cantidad (P-Q).	79
3.4.1.2 Análisis del flujo de materiales (flujo de producción).	80

3.4.1.3 Análisis de las relaciones entre actividades.	81
3.4.1.4 Desarrollo del diagrama relacional de recorridos y actividades.	83
3.4.1.5 Diagrama relacional de espacios.	84
3.5 Propuesta de plan general para la central eléctrica.	86
3.6 Ventajas que aporta el proyecto.	88
3.7 Conclusiones del capítulo.	89
Conclusiones	91
Recomendaciones	93
Bibliografía	94
Anexos	103

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 localización y distribución en planta para su culminación exitosa. (Vera, 2006)

La actividad económica y por ende la globalización inciden en la planificación de la distribución espacial de las industrias, su evolución en el tiempo está determinada por las necesidades del mercado y las nuevas tendencias de tercerización, así como por las estrategias de aprovechamiento de las externalidades que ofrecen las aglomeraciones empresariales. Asimismo, la planificación de la localización de las facilidades, se centra en la flexibilización del sistema para hacer un mejor uso de la infraestructura a largo plazo, para adaptarse a las nuevas tendencias de trabajo y para determinar la capacidad de producción de la organización. (Barrios, 2011)

La adecuada ubicación de la planta industrial, es tan importante para su éxito posterior, como lo es la elección del proceso mismo, y por lo tanto para lograr esto, se procurará naturalmente hacer el análisis tan amplio como sea posible y no se dejarán de incluir en él, los valores intangibles que se conozcan o perciban a través del estudio. El propósito perseguido en cualquier problema sobre situación o ubicación de fábricas es la elección del lugar que permitirá reunir los materiales necesarios, realizar los procesos de fabricación y entregar el producto a los clientes con el costo total más bajo posible. Por supuesto, esto es sencillamente una exposición en términos explícitos del problema general de ubicación de la fábrica, pero en esa exposición se encontrará la llave maestra para la solución de casi todos los problemas de esta naturaleza. (Colectivo de autores UTN Facultad Regional Rosario, 2013)

Introducción

Una planta industrial es un conjunto formado por máquinas, aparatos y otras instalaciones dispuestas convenientemente en edificios o lugares adecuados, cuya función es transformar materias o energías para la obtención de un producto o la prestación de un servicio de acuerdo a un proceso básico preestablecido.

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. (Cortabarría, 2013)

Una vez que se ha decidido la localización de la planta, la siguiente tarea importante antes de la gestión de la empresa, es planificar el diseño de las instalaciones industriales de la planta.

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.

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

Introducción

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).

La realización del diseño y distribución de planta promueve el desarrollo, crecimiento, organización, distribución adecuada de puestos de trabajo y de igual manera contribuye al buen funcionamiento de la industria en pro de la optimización de recursos. (Barragan Diaz & Cucaita Urbina, 2010)

El diseño de la distribución de plantas consiste en una actividad creativa para la generación de sistemas de producción industrial. Por otra parte, el diseño de plantas es de vital importancia ya que por medio de ella se logra un adecuado orden y manejo de las áreas de trabajo y equipos, con el fin de minimizar tiempos, espacios y costos. Las actividades industriales se rigen cada vez más por condicionantes de un mercado exigente y selectivo, en el que la eficiencia en el desempeño de todas las facetas del proceso productivo se hace condición necesaria para la subsistencia de la empresa. El éxito dependerá de la optimización de los costos de producción y una flexibilización de los procesos que permita hacer frente a un entorno cambiante. Por ello la distribución de las diferentes actividades del proceso productivo en la planta cobra más importancia. El beneficio no solo es económico. Una distribución ajustada contempla entre sus criterios el bienestar, las condiciones laborales y la salud de los trabajadores. Además la disminución de los costos productivos suele deberse a un menor consumo de energía en procesos de mantenimiento y acopio de materiales, lo que supone un menor costo medioambiental.

En general, la minimización de la distancia a recorrer por el flujo de materiales entre actividades se considera como criterio fundamental. Otra de las condiciones es que el área asignada a las actividades observe determinadas restricciones, es decir, que el tamaño de dicha área sea suficiente, y que la geometría de la misma permita su normal desempeño. (Henaó & Quintero Ibañez, 2012)

Las distancias de separación definitivas entre equipos e instalaciones deberán obedecer a un análisis de cada situación particular basado en los criterios establecidos. Se considera como distancia mínima aquella que debe cumplir los requerimientos de

Introducción

distancias mínimas entre los equipos que intervienen en el proceso, estas distancias pueden ser requeridas por la operación del mismo o deberse a requisitos de seguridad industrial.

Por la necesidad de reordenar el proceso inversionista en Cuba, se puso en vigor la Resolución No. 91 "Indicaciones para el Proceso Inversionista", el 16 de marzo de 2006, del Ministro de Economía y Planificación, la cual tuvo como objetivo fundamental organizar las inversiones en el país. Posteriormente y por la necesidad de dotar al proceso inversionista de un decreto que regule sus elementos esenciales, atemperado a las condiciones de la actualización del modelo económico y que ponga fin a la dispersión legislativa en esta materia se establece el Decreto Ley 327/2014 del Consejo de Estados y de Ministros que imponen los conceptos de *macrolocalización* y *microlocalización*, por lo que será frecuente en la presente investigación la utilización de estos términos en lugar de localización, así como el término *plan general* por *distribución en planta*.

Nuestro país se ha trazado múltiples metas en aras de alcanzar el desarrollo en todos los sectores, uno de ellos es el sector energético. La generación eléctrica en Cuba durante el período revolucionario ha transitado por disímiles cambios en sus formas de generación. En los primeros años de la Revolución la base de generación eléctrica era mediante las termoeléctricas. Dichas plantas eran capaces de producir electricidad a partir de la generación de calor procedente de combustión de petróleo.

Las plantas de generación eléctrica se encontraban distribuidas a lo largo de Cuba. Por lo general se encontraban en zonas estratégicas como Cienfuegos, Matanzas, El Mariel, Habana del Este, Felton, Nuevitas y Renté. Este modelo de generación de energía tenía como ventajas que se producía electricidad con un consumo razonable de energía. Por otra parte, la desventaja de este tipo de sistema consistía en el traslado de energía a grandes distancias teniendo una pérdida considerable por concepto de transmisión.

A raíz de la Revolución Energética se trazó un pensamiento estratégico que cambió el concepto de generación, "Este concepto se cambió para generación distribuida que consistía en acercar las fuentes de generación al consumidor... para ello se contó con una voluntad política liderada por Fidel Castro Ruz y a su vez una inversión considerable en equipamiento".

Introducción

Como parte de este equipamiento se decidió instalar al Sistema Electroenergético Nacional (SEN) los Grupos Electrógenos en baterías y aislados en lugares estratégicos con el objetivo de mantener niveles de voltaje, frecuencia y un servicio con calidad e ininterrumpido, unos sobre la base de Fuel-Oil y otros como complemento los que trabajan con Diesel. Estos últimos sirven para cubrir contingencias y situaciones a los que el país se enfrenta con frecuencia como lo es el caso de los huracanes. (Peña Apiau, 2019)

Por ende, el gobierno cubano comienza a importar grupos electrógenos para sustituir la potencia instalada en las termoeléctricas, y en un corto período de tiempo tratar evitar el aumento de los apagones. Por ello no se construye desde hace años nuevos bloques de generación de electricidad, sino que se instalan los grupos electrógenos para sustituir la capacidad faltante. (Santos, 2014)

Un generador eléctrico o grupo electrógeno es uno de los aparatos con mayor demanda en el mercado, debido a su capacidad de convertir la energía mecánica en energía eléctrica. La transformación se logra gracias a la acción de un campo magnético, sobre los conductores eléctricos ubicados sobre una armadura, conocida como estator. Al producirse mecánicamente un movimiento relativo entre el campo y los conductores, se generará una fuerza electromotriz (F.E.M.). Emplean combustible, fuel oil, diesel o gas natural, para trabajar. (De Máquinas y Herramientas, 2017)

En correspondencia con el modelo de gestión económica referido al desarrollo energético del país se especifica el Lineamiento 177 "... Continuar incrementando la entrega de electricidad al Sistema Electroenergético Nacional..." Lineamiento 199 "... Elevar la eficiencia en la generación eléctrica, dedicando la atención y recursos necesarios al mantenimiento de las plantas en operación, y lograr altos índices de disponibilidad en las plantas térmicas y en las instalaciones de generación con grupos electrógenos..." (Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución para el Período 2016-2021).

En la actualidad la provincia de Cienfuegos se encuentra privilegiada con la inversión en varias esferas de su economía, entre ellas se encuentra el desarrollo del sector energético y a su vez forma parte de una de las provincias del país donde se desarrolla

Introducción

un programa nacional concebido hasta 2023, que busca instalar 200 MW/h de generación distribuida. (Redacción OnCuba, 2018)

La Empresa de Grupos Electrógenos y Servicios Eléctricos (Geysel), perteneciente a la Unión Eléctrica de Cuba y al Ministerio de Energía y Minas (MINEM) se ha visto inmersa en este desarrollo en cuanto a la generación distribuida, la misma brinda servicios de selección, proyección, instalación, puesta en marcha, mantenimiento, explotación y reparación de grupos electrógenos, torres de iluminación, motosoldadoras, motobombas y centrales eléctricas diesel. Además de la ejecución de los mantenimientos y la solución de averías de los grupos electrógenos diesel, asumió también la Operación y desde entonces hasta hoy tiene la misión de garantizar la generación eficiente y sustentable de energía eléctrica con motores de combustión interna diesel, respondiendo a los requisitos del Sistema Electroenergético Nacional (SEN) con profesionalidad y confiabilidad, atender los Grupos Electrógenos de Emergencia que sincronizan al SEN, así como los que garantizan el servicio al primer nivel y brindar servicios técnicos eléctricos a la Unión Eléctrica (UNE) y terceros.

Situación problemática:

La construcción de una central eléctrica de grupos electrógenos diesel en el municipio de Cumanayagua es un proyecto en desarrollo de la Empresa Geysel Unidad Empresarial de Base (UEB) Cienfuegos, debido a que en el período comprendido entre los años 2006 - 2015 existió una batería de 11 grupos electrógenos de tecnología SCANIA la cual fue retirada del lugar debido a que la existencia de la misma afectaba a la población residente en el poblado "La Campanita" por ruido, emisiones de gases y vibraciones y los grupos existentes en dicha central fueron distribuidos por varias provincias.

Entre el Instituto de Planificación Física y el Ministerio de la Agricultura acordaron ceder dos 2 alternativas de microlocalización de las cuales dispone el municipio y que a su vez constituyen posibles espacios para la ubicación de la central eléctrica de grupos electrógenos ya que son terrenos no cercanos a poblados y por tanto existirán menores afectaciones por ruido, emisiones de gases y vibraciones sin ocasionar daños a la salud. Como criterios de microlocalización se han tomado los aportados por el grupo de normas que regulan los procesos inversionistas en Cuba.

Introducción

La importancia fundamental radica en garantizar el respaldo de corriente eléctrica en dicho municipio ante fallas de las redes actuales debido al gran desarrollo industrial de este territorio y a su vez aprovechar este proyecto para aumentar la capacidad de generación eléctrica a 15MW con una batería de tecnología MTU Serie 4000.

Problema de Investigación

La selección de la alternativa óptima para la microlocalización y plan general de una central de grupos electrógenos diesel en el municipio Cumanayagua que garantice una adecuada distribución espacial e impacto ambiental mínimo.

Objetivo General

Realizar una propuesta de microlocalización y plan general de una central eléctrica de grupos electrógenos diesel en el municipio Cumanayagua.

Objetivos específicos

1. Realizar una búsqueda bibliográfica de los aspectos teóricos referidos a la legislación del proceso inversionista en Cuba, microlocalización y plan general, que sirvan de base para la presente investigación.
2. Caracterizar la Empresa de Grupos Electrónicos y Servicios Eléctricos (Geysel).
3. Identificar las normas, regulaciones y legislación vigentes, que regulan el desarrollo de una inversión en el sector energético en Cuba.
4. Seleccionar la alternativa óptima de microlocalización y plan general de una central eléctrica de grupos electrógenos diesel en el municipio Cumanayagua a través del empleo de los métodos de la Media Geométrica y Método de Planeación Sistemática de la Distribución en Planta. (SLP).

Preguntas de la investigación.

1. ¿Qué métodos y herramientas se pueden utilizar para la microlocalización y plan general de una Central eléctrica de Grupos Electrónicos Diesel?
2. ¿Cuáles son los factores a tener en cuenta para realizar una correcta microlocalización y plan general?

Introducción

Justificación del estudio

- ✓ Desde el punto de vista ambiental disminuye el impacto sobre la población residente en el municipio Cumanayagua.
- ✓ Desde el punto de vista económico permite optimizar costos y recursos de operación al encontrar variante óptima.
- ✓ Desde el punto de vista organizativo se tienen en cuenta criterios establecidos por la legislación vigente para la propuesta de microlocalización y plan general.

Beneficios esperados

1. Actualización de conocimientos generales sobre la microlocalización de una instalación, plan general y las regulaciones de los organismos rectores.
2. Aplicación de métodos que contribuyan a la microlocalización y plan general de una central eléctrica de Grupos Electrógenos Diesel cumpliendo con la estrategia diseñada para su objeto social.
3. La integración y adaptación de herramientas y métodos de ingeniería industrial utilizados en la microlocalización y plan general de una central eléctrica de grupos electrógenos diesel.

Alcance de la investigación.

La presente investigación se limita solo a la propuesta de microlocalización y plan general de una Central eléctrica de Grupos Electrógenos Diesel en el municipio Cumanayagua perteneciente a la Unidad Empresarial de Base (UEB) Geysel de Cienfuegos.

Viabilidad de la investigación.

Permite llevar a cabo una planificación del proceso inversionista y una política de ahorro de los recursos para la construcción de una central eléctrica de grupos electrógenos diesel en el municipio Cumanayagua perteneciente a la UEB Geysel de Cienfuegos, sin implicar una demora en las estrategias empresariales, ni incrementar los costos y a su vez evitando futuros inconvenientes derivados de una incorrecta microlocalización y plan general.

Introducción

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

Capítulo I: Se muestran los fundamentos teóricos sobre la legislación del proceso inversionista en Cuba, microlocalización y plan general de instalaciones, obtenidas a partir de la bibliografía consultada los cuales ofrecen una base para la presente investigación.

Capítulo II: Se caracteriza la Empresa de Grupos Electrógenos y Servicios Eléctricos (Geysel), se describen los procesos identificados en el mapa de procesos actual y se realiza un análisis detallado del Proceso de Operaciones. Se presenta 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 microlocalización y plan general de la central eléctrica de Grupos Electrógenos Diesel a construir en el municipio Cumanayagua.

Capítulo III: Se seleccionan a través del criterio de expertos los factores cuantitativos para la microlocalización y plan general más adecuado. Se aplican métodos y herramientas para realizar la propuesta de microlocalización y plan general de una central eléctrica de grupos electrógenos diesel a construir en el Municipio Cumanayagua.

Capítulo I



Capítulo I: Fundamentos teóricos generales sobre la legislación del proceso inversionista en Cuba, microlocalización y plan general de instalaciones.

CAPÍTULO I: FUNDAMENTOS TEÓRICOS GENERALES SOBRE LA LEGISLACIÓN DEL PROCESO INVERSIONISTA EN CUBA, MICROLOCALIZACIÓN Y PLAN GENERAL DE INSTALACIONES.

En el presente capítulo se lleva a cabo una revisión bibliográfica sobre la legislación del proceso inversionista en Cuba, así como criterios emitidos por diversos autores respecto a los temas de microlocalización y plan general, mediante el análisis de sus puntos de vista y exponiendo de forma organizada las ideas básicas sobre los temas definidos, se presenta además el criterio de la autora de la presente investigación acerca de los diferentes temas abordados.

El Hilo Conductor a seguir en el presente capítulo (Ver figura 1.1) muestra de forma organizada las ideas básicas sobre los temas definidos y aspectos a tratar para obtener una adecuada revisión bibliográfica sobre el tema. Vinculando aspectos generales tratados por los clásicos y bibliografía autorizada.

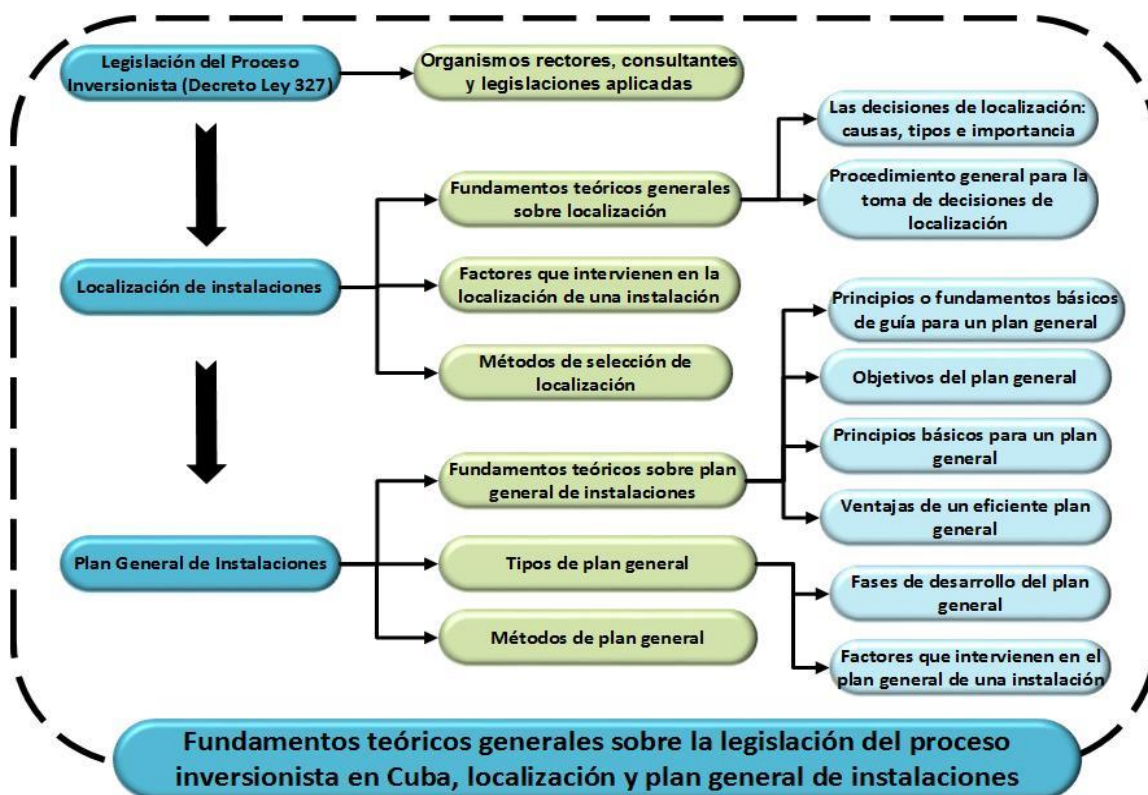


Figura 1.1: Hilo Conductor. Fuente: Elaboración propia.

Capítulo I: Fundamentos teóricos generales sobre la legislación del proceso inversionista en Cuba, microlocalización y plan general de instalaciones.

1.1 Legislación del proceso inversionista (Decreto Ley 327/2014).

El Proceso Inversionista en Cuba fue regulado por el Decreto No. 5 "Reglamento del Proceso Inversionista", de 22 de septiembre de 1977; y posteriormente mediante el Decreto No. 105, de 3 de mayo de 1982, se puso en vigor el "Reglamento para la evaluación y la aprobación de las propuestas de inversión y de las tareas de inversión". Luego se puso en vigor la Resolución No. 91 "Indicaciones para el Proceso Inversionista", de 16 de marzo de 2006, del Ministro de Economía y Planificación, la cual tuvo como objetivo fundamental organizar las inversiones en el país. Más adelante y debido a la necesidad existente de dotar al proceso inversionista de un decreto que regule sus elementos esenciales, enmarcado a las condiciones de la actualización del modelo económico y que ponga fin a la dispersión legislativa en esta materia se establece el Decreto Ley 327/2014 del Consejo de Estados y de Ministros, el cual es el reglamento de los procesos inversionistas en Cuba que establece las condicionantes, regulaciones y obligaciones de los organismos rectores y consultantes y del inversionista. Para lograr una mejor comprensión de los términos utilizados se presentan a continuación algunos conceptos tales como:

Organismo: Conjunto de leyes, usos y costumbres por que se rige un cuerpo o institución social. Conjunto de oficinas, dependencias o empleos que forman un cuerpo o institución. Ser vivo unicelular, pluricelular o sin estructura celular (como los virus), procariota o eucariota, con capacidad metabólica y reproductora, considerado como la integración de un conjunto de órganos, orgánulos o estructuras. (The Free Dictionary by Farlex, 2013)

Rector: Con origen en la lengua latina, rector es un adjetivo que hace referencia a aquél o aquello que rige o gobierna. Como sustantivo, el término permite nombrar a la persona que está a cargo del gobierno y mando de un colegio, una universidad, un hospital o una comunidad, según el caso. (Pérez Porto & Gardey, 2014)

Consultante: Adjetivo. Este vocabulario hace alusión como participio activo de consultar, que quiere decir el que consulta, interroga, busca, averigua, orienta, pregunta, asesora, inquiere e informa de algo así en la obtención de los datos y dar en algún consejo o sugerencia. Este término se puede usar como sustantivo. (Definiciona, 2019)

Capítulo I: Fundamentos teóricos generales sobre la legislación del proceso inversionista en Cuba, microlocalización y plan general de instalaciones.

El Decreto Ley 327/2014 define el proceso inversionista como el sistema dinámico que integra las actividades o servicios que realizan los sujetos que en él participan, desde su concepción inicial hasta la puesta en explotación. (Consejos de Ministros, 2014)

Asimismo establece la definición de inversiones como el gasto de recursos financieros, humanos y materiales con la finalidad de obtener ulteriores beneficios económicos, sociales y medioambientales, a través de la explotación de nuevos activos fijos tangibles e intangibles. También se consideran inversiones las acciones de rehabilitación, remodelación, reposición, reparación capital, restauración, ampliación y modernización (Consejos de Ministros, 2014).

1.1.1 Organismos rectores, consultantes y legislaciones aplicadas.

El Decreto Ley 327/2014 establece además los organismos rectores y consultantes que determinan las condiciones necesarias a cumplir para obtener el utilizable de obra según el tipo de estructura y de inversión, la localidad, el objeto social de la empresa y otras consideraciones que influyen directamente en su vinculación con la sociedad y el medio ambiente según establecen las Normas Cubanas (Ver tabla 1.1)

Tabla 1.1: Organismos involucrados en el Decreto Ley 327/2014. Fuente: Elaboración propia.

Organismo	Resolución
Estado Mayor Nacional de la Defensa Civil	Resolución No. 8/2014
Ministerios	Resoluciones
Ministerio de la Agricultura	Resolución No. 541/2014
Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente	Resolución No. 224/2014
Ministerio del Comercio Interior	Resolución No. 217/2014
Ministerio de Comunicaciones	Resolución No. 624/2014
Ministerio de la Construcción	Resolución No. 307/2014
Ministerio de Energía y Minas	Resolución No. 283/2014
Ministerio de la Industria Alimentaria	Resolución No. 224/2014
Ministerio de Industrias	Resolución No. 228/2014
Ministerio del Interior	Resolución No. 23/2014
Ministerio de Salud Pública	Resolución No. 581/2014

Capítulo I: Fundamentos teóricos generales sobre la legislación del proceso inversionista en Cuba, microlocalización y plan general de instalaciones.

Ministerio del Transporte	Resolución No. 1118/2014
Ministerio de Turismo	Resolución No. 230/2014
Instituto	Resolución
Instituto de Planificación Física	Resolución No. 74/2014

En la tabla anterior se muestran los diferentes Ministerios que no son más que los organismos involucrados en el Decreto Ley 327/2014 para el proceso inversionista en Cuba.

1.2 Localización de instalaciones.

Existen múltiples definiciones del término localización dadas por disímiles autores, debido a ello se utiliza este término en el marco teórico referencial, ya a partir del Capítulo 2 en lo adelante la autora de la presente investigación utiliza el término microlocalización como establece el Decreto Ley 327 (Consejos de Ministros, 2014).

La localización de una instalación es el proceso de elegir un lugar geográfico entre varios para realizar las operaciones de una empresa. Los gerentes de organizaciones de servicios o de empresas manufactureras tienen que sopesar muchos factores cuando evalúan la conveniencia de un sitio en particular. (Carro Paz & González Gómez, 2012)

La localización es la ubicación que un objeto o persona tienen en un determinado espacio. El mismo requiere de coordenadas que otorguen puntos de referencia para que esta sea trazable y comunicable. Así, por ejemplo, desde el punto de vista urbano la localización se sirve de direcciones, calles y zonas con un nombre específico. A nivel geográfico, la misma se realiza a partir de la latitud y la longitud, criterios que remiten a líneas imaginarias denominadas paralelos y meridianos. La localización en un entorno es de enorme importancia para el hombre, circunstancia que explica que desde tiempos remotos existieran elementos y disciplinas que sirviesen para ese fin. En la actualidad, la tecnología provee de diversos sistemas que pueden efectuar una localización en extremo eficiente, independientemente del lugar en donde una persona se encuentre. (Definición MX, 2019)

La localización de plantas se entiende como el estudio cuidadoso que debe hacerse para determinar el sitio o lugar más conveniente para el establecimiento de una planta,

Capítulo I: Fundamentos teóricos generales sobre la legislación del proceso inversionista en Cuba, microlocalización y plan general de instalaciones.

buscando las operaciones más óptimas. En términos generales, se refiere a la ubicación de una planta industrial de tal manera que se logre una máxima rentabilidad del proyecto o el mínimo de los costos unitarios. (Roa, 2013)

Después del análisis de varias definiciones dadas al término "localización" la autora de la presente investigación lo define como el análisis o estudio necesario de diversos factores implicados que se debe realizar para determinar el lugar más conveniente para la ubicación de una instalación ya sea de producción o de prestación de servicios, que a su vez permita cumplir con los objetivos trazados por la empresa ya sean del tipo económicos como sociales.

1.2.1 Fundamentos teóricos generales sobre localización.

La localización de las industrias ha sido un problema que ha interesado a los geógrafos desde muy temprano. Así, existen varias teorías tradicionales sobre la ubicación de las industriales lanzadas ya en el siglo XIX y principios del XX.

En la Figura 1.2 se muestran las cuatro Teorías Clásicas de Localización según (León, 2008), esta clasificación está basada en lo que hoy se llama razonamiento de equilibrio micro-económico, algunos conceptos han sido modificados que en algún tiempo represento el cimiento de la teoría de localización y organización de espacio.

Capítulo I: Fundamentos teóricos generales sobre la legislación del proceso inversionista en Cuba, microlocalización y plan general de instalaciones.

 JOHANN HEINRICH VON THÜNEN 1783-1850	1. Teoría del uso de la tierra de Johann Heinrich von Thünen ▪ Objetivo: Máxima rentabilidad por unidad de Área ▪ Modelo: Rentabilidad = Cant (Precio-Costo-flete*Distancia) ▪ Consideraciones lineales en costo de transporte ▪ Producción: Un solo producto ▪ Mercado: Centralizado
 ALFRED WEBER 1868-1938	2. Teoría de Localización Industrial de Alfred Weber ▪ Objetivo: Minimización de costo de transporte ▪ Modelo: Gráfico unidimensional (una fuente un mercado) basado en distancias de transporte ▪ Localización óptima basada en fuentes de materia prima comparada con su desplazamiento al mercado receptor ▪ Demanda fija y concentrada ▪ Consideraciones lineales en costo de transporte ▪ Principios de agregado y pérdidas de peso
 WALTER CHRISTALLER 1893-1969	3. Teoría del lugar central de Walter Christaller ▪ Objetivo: Optimización entre las distancias de centros de población y la proporción de habitantes en cada una de ellas. Orientado principalmente a mercadeo. ▪ Modelo: $distancia_{i,j} = distancia_{i,j} / (1 + Raíz\ cuadrada\ de\ (Población_i/Población_j))$ ▪ Consideraciones de Población distribuida uniformemente ▪ Superficies isotrópicas (Planas) ▪ Recursos distribuidos uniformemente ▪ Similar poder de compra de los habitantes
 HAROLD HOTELLING 1895-1973	4. Teoría de la competencia en espacio de Harold Hotelling ▪ Objetivo: Optimización en espacios de competitividad ▪ Modelo: Localización = α Mercado * $\sqrt{v}$ Precio / t Transporte ▪ Consumo homogéneo ▪ Como método comparativo requiere de al menos dos compañías

Figura 1.2: Las Cuatro Teorías Clásicas de Localización. **Fuente:** Localización y Distribución de planta: Un enfoque moderno. (León, 2008)

Según (Zalazar López, 2016) el estudio de la localización es un elemento vital para el análisis de proyectos nuevos o de expansión desde el punto de vista financiero-económico. En el estudio de localización se involucran dos aspectos diferentes:

- ✓ **Macrolocalización:** Es decir, la selección de la región o zona más adecuada, evaluando las regiones que preliminarmente presenten ciertos atractivos para la industria que se trate.
- ✓ **Microlocalización:** Es decir, la selección específica del sitio o terreno que se encuentra en la región que ha sido evaluada como la más conveniente.

Cuando se lleva a cabo un estudio de este tipo es importante planearlo cuidadosamente, ya que si posteriormente se quiere llevar a cabo un cambio, este genera un costo elevado y desfavorable según plantea (Aguilera Sernadez, 2018) y como se muestra en la Figura 1.3:

Capítulo I: Fundamentos teóricos generales sobre la legislación del proceso inversionista en Cuba, microlocalización y plan general de instalaciones.

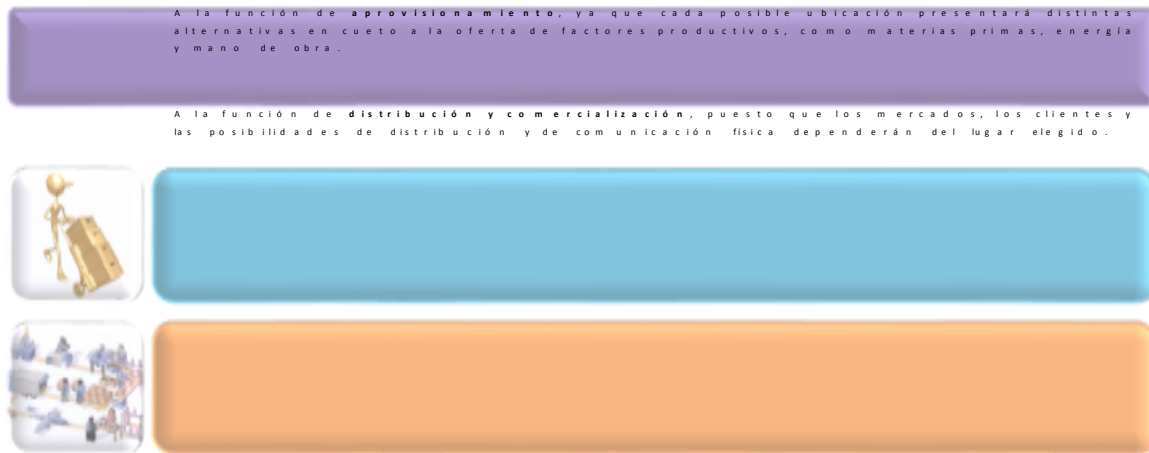


Figura 1.3: Factores que afecta la localización. **Fuente:** Elaboración propia a partir de lo planteado por (Aguilera Sernadez, 2018)

Además de lo antes expuesto (Aguilera Sernadez, 2018) plantea que el análisis de localización trata de la ubicación geográfica de la planta, tomando como base los criterios anteriores. Este análisis se fundamenta en una base teórica-comparativa que permite crear una asignación de categorías evaluativas como se muestra en la Figura 1.4:



Figura 1.4: Elementos a considerar en la localización de la planta. **Fuente:** Elaboración propia a partir de lo planteado por (Aguilera Sernadez, 2018)

1.2.1.1 Las decisiones de localización: causas, tipos e importancia.

Según lo analizado por (Avendaño Díaz, 2016) 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. En segundo lugar, son decisiones que afectan a la

Capítulo I: Fundamentos teóricos generales sobre la legislación del proceso inversionista en Cuba, microlocalización y plan general de instalaciones.

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.

➤ Causas que conducen a tomar decisiones de localización.

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

- ✓ 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.
- ✓ La introducción de nuevos productos o servicios.
- ✓ Una contracción de la demanda que puede requerir el cierre de instalaciones y/o la reubicación de las operaciones.
- ✓ El agotamiento de las fuentes de abastecimiento de materias primas también puede ser causa de la relocalización de las operaciones.
- ✓ La obsolescencia de una planta de fabricación por el transcurso del tiempo o por la aparición de nuevas tecnologías, que se traduce a menudo en la creación de una nueva planta más moderna en algún otro lugar.
- ✓ 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.
- ✓ Cambios en otros recursos, como la mano de obra o los componentes subcontratados, o en las condiciones políticas o económicas de una región.
- ✓ Las fusiones y adquisiciones entre empresas pueden hacer que algunas resulten redundantes o queden malubicadas con respecto a las demás.

Estos motivos son solo 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.

➤ Tipos de alternativas de localización

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

Capítulo I: Fundamentos teóricos generales sobre la legislación del proceso inversionista en Cuba, microlocalización y plan general de instalaciones.

localización de las mismas. Independientemente de cuáles sean las razones que lleven a ello, las alternativas de localización pueden ser de tres tipos como se muestra en la Figura 1.5, las cuales deberán ser evaluadas por la empresa antes de tomar una decisión definitiva:

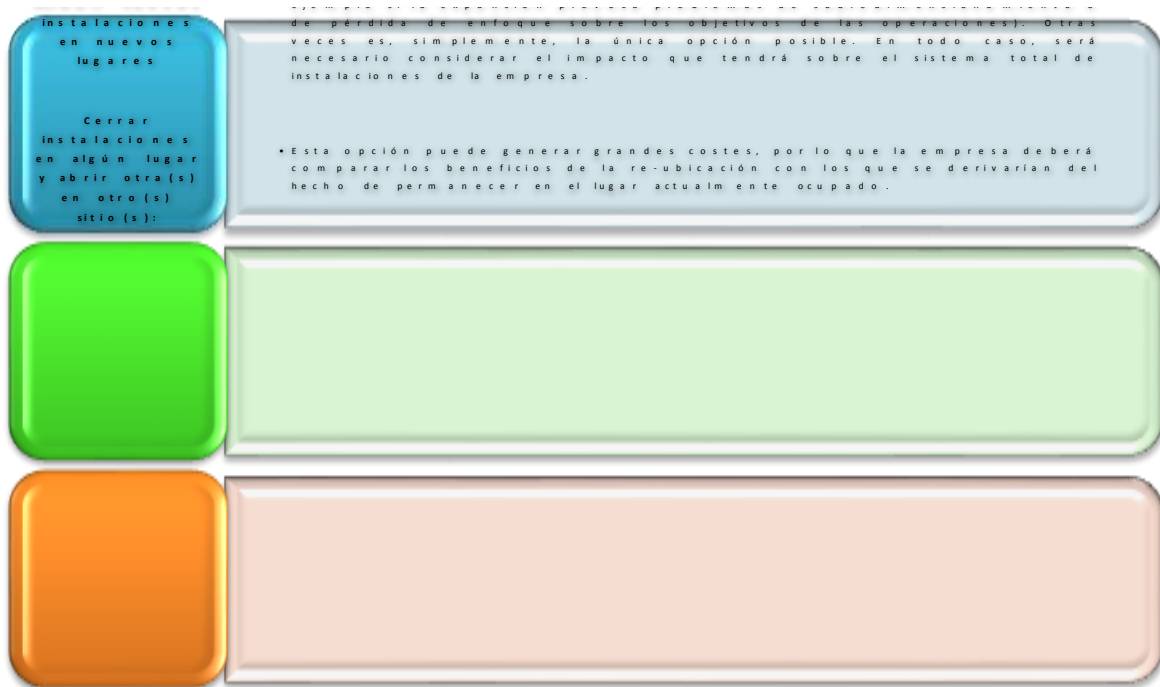


Figura 1.4: Tipos de alternativas de localización. **Fuente:** Elaboración propia a partir de lo planteado por (Avendaño Díaz, 2016)

Otros conceptos sobre las decisiones de localización, sus causas y tipos son los analizados por (Molina , 2019), los cuales coinciden en muchos aspectos con los analizados anteriormente. Al respecto expuso que en general, las decisiones de localización podrán 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 ventas que en fábricas) o el tipo de empresa (las de servicios suelen necesitar más instalaciones que las industrias).

➤ Importancia de las decisiones de localización.

Contar con una buena localización es crucial para el éxito. Saber identificarla de antemano puede no resultar tan sencillo como parece. Si, además, nos vemos

Capítulo I: Fundamentos teóricos generales sobre la legislación del proceso inversionista en Cuba, microlocalización y plan general de instalaciones.

obligados a justificar el por qué tenemos una opinión y no otra, sin duda necesitaremos algunas herramientas que lo hagan posible. (Giralt, 2019)

La selección del emplazamiento en el que se van a desarrollar las operaciones de la empresa es una decisión de gran importancia. 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, y ello además del tiempo y el esfuerzo empleados. 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. (Domínguez, 1995)

1.2.1.2 Procedimiento general para la toma de decisiones de localización.

Para (Pedraza Rendón, 1995) la toma de decisiones para la localización de una planta industrial es compleja en la mayoría de los casos, por la importancia que tienen sus efectos en la operación de la empresa en el largo plazo. No obstante, para algunas empresas, la localización se determina por la influencia de un factor dominante o crítico que limita el número de alternativas; en general la cantidad de factores y de lugares involucrados en el análisis es elevada.

El procedimiento para determinar la localización parte del momento en que se detecta la necesidad de localizar una nueva unidad productiva o relocalizar una ya existente, después de haber rechazado otras opciones de solución. Una vez justificada la necesidad de realizar un estudio de localización, es conveniente formar un equipo multifuncional que se encargue de realizar el estudio. Se necesita gran cantidad de información, parte de la cual puede existir en la empresa y la faltante se recopilará en otras fuentes tales como: publicaciones especializadas, dependencias gubernamentales, cámaras de comercio e industria, instituciones financieras, consultores de empresas, centros de investigación, instituciones educativas, organizaciones de transportes y sobre todo, con las visitas a las regiones y

Capítulo I: Fundamentos teóricos generales sobre la legislación del proceso inversionista en Cuba, microlocalización y plan general de instalaciones.

localizaciones en estudio, que proporcionan información sobre factores subjetivos que pueden ser importantes en la toma de decisiones.

Según (Pedraza Rendón, 1995) existen dos niveles de análisis: el primero, es el de **macrolocalización** o evaluación de países o regiones; el segundo, el de **microlocalización** o evaluación de comunidades o sitios específicos.

El procedimiento para determinar la localización comprende dos fases:

➤ Fase uno: Análisis preliminar.

La planeación estratégica y políticas de la empresa, se manifiestan en requerimientos para la localización de la nueva unidad productiva. Luego se determinan los criterios importantes en la evaluación de alternativas como: necesidades de transporte, terrenos, suministros, trabajadores y personal, infraestructura, servicios, condiciones ambientales, comunicaciones, etc. Después se evalúa la importancia de cada factor, clasificándolos en críticos, dominantes o clave, según la influencia que tengan sobre los futuros ingresos y costos así como de la posición competitiva de la empresa. El resto de los factores involucrados se clasifican como secundarios o normales que, aun siendo importantes, pueden ser considerados como deseables pero no imprescindibles.

Otro tipo de clasificación es necesaria; aquella que considera a los factores cuantitativos como objetivos, por ejemplo: materiales e insumos, servicios, infraestructura, mercados, etc., y a los factores cualitativos como subjetivos: actitud de la comunidad, medio ambiente, políticas económicas, seguridad pública, etc.

En resumen en esta primera fase se estudia el medio ambiente.

➤ Fase dos: Investigación de alternativas de localización.

Incluye los siguientes pasos:

1. Análisis general: se efectúa un análisis general de las características de las regiones o países candidatos. Después se establece un conjunto de localizaciones para un análisis más a detalle, eliminándose aquellas que no satisfagan los factores críticos determinados como la existencia de recursos, disponibilidad de mano de obra especializada, mercado potencial, etc. Enseguida se formulan las proyecciones de requerimientos de capacidad y se

Capítulo I: Fundamentos teóricos generales sobre la legislación del proceso inversionista en Cuba, microlocalización y plan general de instalaciones.

- analizan los factores económicos, las variables demográficas y los aspectos legales y otras restricciones.
2. Evaluación de alternativas: se reúne toda la información de cada lugar para medirla en función de cada uno de los factores considerados y se evalúa obteniendo medidas cuantitativas, si los factores son objetivos (tangibles) como costos de mano de obra, o bien un juicio si los factores son subjetivos (intangibles) como la actitud de la comunidad. Es decir, se estudian los factores económicos y sociales con mayor detalle.
 3. Selección de la localización: por medio de métodos cuantitativos y/o cualitativos se comparan entre sí las alternativas para elegir la mejor localización para ubicar la fábrica, o seleccionar varias localidades aceptables.

Cuando el estudio se realiza en diferentes niveles, se debe aplicar esta secuencia para cada uno, siendo factible variar los factores relevantes o críticos según el nivel geográfico a estudiar.

Las alternativas consideradas en un nivel servirán de punto de partida en la etapa siguiente; para determinar si un factor debe considerarse en una etapa de análisis, deberá ser sensible al nivel de agregación geográfica que se analiza y con un impacto considerable sobre los costos, los ingresos o la posición estratégica de la empresa.

Algunos autores realizan el procedimiento de localización relacionando los factores de localización con el tipo de instalación para luego plantear un modelo de ubicación según el tipo de instalación. (Pedraza Rendón, 1995)

La Figura 1.5 muestra el procedimiento para las dos etapas de localización de instalaciones (macrolocalización y microlocalización). El procedimiento de análisis abarca cuatro fases o etapas.

Capítulo I: Fundamentos teóricos generales sobre la legislación del proceso inversionista en Cuba, microlocalización y plan general de instalaciones.

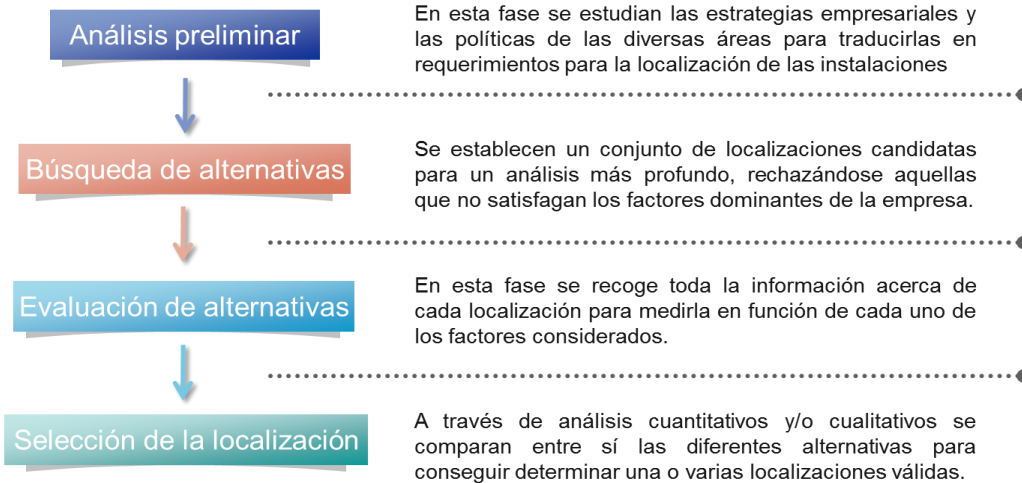


Figura 1.5: Fases del procedimiento general para la toma de decisiones de localización. **Fuente:**

(Domínguez, 1995).

1.2.2 Factores que intervienen en la localización de una instalación.

La decisión de dónde localizar la planta tiene importantes consecuencias sobre su futuro desarrollo. Al momento de evaluar en qué sitio es más conveniente la instalación de una planta se deben tener en consideración numerosos factores.

Según (García Sutil, 2013) entre los factores que afectan la localización están:

- ✓ Restricciones jurídicas y gubernamentales: Una empresa transnacional que tenga intenciones de extenderse hacia una nación específica, tiene que respetar los reglamentos y edictos gubernamentales propios de su legislación; si existe un proceso productivo que viole en su infraestructura estas condiciones, evidentemente que todo esfuerzo de instalación sería inútil.
- ✓ Disponibilidad de la mano de obra: En algunos procesos será necesario la utilización de mano de obra especializada; en otros, la incidencia de grandes conglomerados de personas poco entrenadas en un oficio determinado. Existe una relación costo-especialización que hay que tomar muy en cuenta, y esta misma relación se puede convertir en un factor determinante para la ubicación definitiva del proceso de transformación.
- ✓ Condiciones climáticas y ambientales de un país: Algunos procesos de producción dependen de estados climáticos y de temperaturas específicas como característica y peculiaridad del proceso que se desea implantar. Este es un

Capítulo I: Fundamentos teóricos generales sobre la legislación del proceso inversionista en Cuba, microlocalización y plan general de instalaciones.

factor decisivo para la ubicación definitiva de una planta, pues representan un alto costo de producción.

- ✓ Vías de acceso y transporte urbano y/o rural aceptables: El buen estado de las vías de comunicación así como la existencia de una red completa de servicios de transporte pueden hacer la diferencia. Para las labores diarias, se necesita fluidez en el transporte a fin de evitar retrasos del personal en la asistencia del trabajo, suministro a tiempo de los insumos y colocación oportuna de los productos terminados en los centros de consumo.

El proceso de ubicación o localización del lugar adecuado para instalar una planta industrial requiere el análisis de diversos factores, y desde los puntos de vista económico, social, tecnológico y del mercado entre otros. Para la correcta decisión de localización hay que realizar el análisis exhaustivo de factores tangibles o intangibles que intervienen en la decisión de localización, a fin de producir los resultados óptimos o indicar la mejor de las alternativas, que nos permita tomar una decisión. (Medrano Vergara, 2014)

Para (Medrano Vergara, 2014) los factores determinantes de la localización son:

- ✓ Mercado
- ✓ Materia prima
- ✓ Transporte
- ✓ Electricidad
- ✓ Clima
- ✓ Combustibles
- ✓ Mano de obra y salarios
- ✓ Leyes
- ✓ Aguas residuales
- ✓ Servicio a la comunidad
- ✓ Actitud en la comunidad
- ✓ Zonas francas
- ✓ Características físicas
- ✓ Factores secundarios

Capítulo I: Fundamentos teóricos generales sobre la legislación del proceso inversionista en Cuba, microlocalización y plan general de instalaciones.

1.2.3 Métodos de selección de localización.

Debido a la gran cantidad de factores involucrados en el análisis y selección de la localización, y añadiendo la posibilidad de plantear un gran número de posibles localizaciones a priori nos lleva a plantear la utilización de más de un método para decidir la localización idónea de una instalación.

Se denomina microanálisis a la evaluación de opciones de región, subregión y de comunidad, mientras que el microanálisis se refiere a la evaluación de lugares específicos de la comunidad seleccionada. (Tema 5: Localización instalaciones, 2014)

En la Tabla 1.2 detallamos algunos de los métodos más utilizados:

Tabla 1.2: Métodos de selección de localización. **Fuente:** Elaboración propia.

Métodos cuantificables	
Método del centro de gravedad	Encuentra la ubicación del centro de distribución cerca a los demás destinos, se utiliza principalmente para los servicios aunque también puede utilizarse para la ubicación de un almacén, este método tiene en cuenta la localización de los mercados y los costos de transporte.
Método de 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 hacia varios destinos.
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.
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.
Métodos cualitativos	
Evaluación por factores no cuantificables	Considera sólo factores cualitativos no cuantificados, que tienen mayor validez en la selección de la macrozona que de la ubicación específica.
Métodos combinados	
Método Sinérgico o Método de Gibson y Brown (Método Global de Localización)	Es un algoritmo cuantitativo de localización de plantas que tiene como objetivo evaluar entre diversas opciones, que sitio ofrece las mejores condiciones para instalar una planta, basándose en tres tipos de factores: críticos, objetivos y subjetivos.

Capítulo I: Fundamentos teóricos generales sobre la legislación del proceso inversionista en Cuba, microlocalización y plan general de instalaciones.

Método ELECTRE	Es el método multicriterio discreto más conocido y a la vez más utilizado en la práctica desde finales de los 60. Fue inicialmente propuesto por Benayoun, Roy y Sussman (1966) y posteriormente mejorado por Roy (1971). Se utiliza para reducir el tamaño del conjunto de soluciones eficientes. Funciona por bipartición, es decir, intenta dividir el conjunto eficiente en dos subconjuntos: 1. Alternativas más favorables para el decisor (el núcleo) 2. Alternativas menos favorables, es decir por las peores. Para ello, utiliza el concepto de "relación de sobre clasificación"
Otros métodos	
Método del factor preferencial	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)
Método de Huff	Es un modelo probabilístico que plantea que la forma en la que un cliente se ve atraído por una planta determinada es directamente proporcional a una cierta medida de atracción de la planta e inversamente proporcional a una potencia de la distancia cliente-planta.
Heurístico de Ardalan	Encuentra instalaciones que puedan atender a todas las comunidades al menor costo ponderado de viajes-distancia. Se utiliza cuando se desea ubicar instalaciones para prestarle atención al mercado.

En la tabla anterior se muestran algunos métodos que contribuyen a la toma de decisiones de localización de instalaciones, los cuales se consideran, por sus características, como los que pueden ser más útiles ante diversas situaciones según (Domínguez, 1995), (Diéguez, Gómez, Negrín, & Pérez, 2007) y (Chase & Aquilano, 2001)

1.3 Plan General de Instalaciones.

Como se explicaba en la introducción de la presente investigación se utilizará el término *plan general* en lugar de *distribución en planta*, debido a que en la actualidad en nuestro país las diferentes entidades utilizan este término y es el que utilizan los profesionales, aunque la bibliografía consultada hace referencia al término *distribución en planta*.

El diseño y la distribución de las instalaciones, son decisiones previamente analizadas y posteriormente seleccionadas, que permiten a la organización llegar a sus objetivos. Eso se debe a que el adecuado diseño y distribución de las instalaciones permite utilizar de manera más eficiente el espacio disponible con que se cuenta, así como facilitar el

Capítulo I: Fundamentos teóricos generales sobre la legislación del proceso inversionista en Cuba, microlocalización y plan general de instalaciones.

proceso de manufactura, minimizando inversiones en equipo y tiempo de producción y como consecuencia disminuye los costos en el manejo de los materiales.

Layout es un término de la lengua inglesa. Este concepto puede traducirse como "disposición" o "plan" y tiene un uso en el ámbito tecnológico-industrial. Se utiliza para nombrar el esquema de distribución de los elementos del diseño. Layout es un paso importante que sirve para establecer una relación física entre actividades. Abarca componentes de diseño y análisis, el diseño final de la distribución de una planta se construirá a partir de un gran número de decisiones previamente estudiadas y seleccionadas. (Martínez Illescas, 2013)

1.3.1 Fundamentos teóricos sobre plan general de instalaciones.

La distribución de planta es parte esencial dentro del diseño de una planta industrial ya que determina la ubicación de los departamentos, de las estaciones de trabajo, de las máquinas y de los lugares de almacenamiento dentro de una unidad productiva; así como la asignación de los espacios correspondientes a estas áreas en base a las relaciones existentes entre ellas y al flujo de información y materiales. (Vera Martínez, 2006)

La distribución en planta implica la asignación de espacio y la disposición del equipo de tal manera que los costos operativos totales se reduzcan al mínimo. Permite determinar y disponer las maquinarias y equipos diseñados de una planta en el mejor lugar, para permitir el flujo de material al menor costo y con la mínima manipulación posible. Consiste en planificar el equipo adecuado, junto con el lugar adecuado para permitir la elaboración de una unidad del producto de la manera más eficaz, a la menor distancia posible y el menor tiempo posible. (Lundy, 2018)

La distribución en planta se define como la ordenación física de los elementos que constituyen una instalación sea industrial o de servicios. Ésta ordenación comprende los espacios necesarios para los movimientos, el almacenamiento, los colaboradores directos o indirectos y todas las actividades que tengan lugar en dicha instalación. Una distribución en planta puede aplicarse en una instalación ya existente o en una en proyección. (López, 2016)

Capítulo I: Fundamentos teóricos generales sobre la legislación del proceso inversionista en Cuba, microlocalización y plan general de instalaciones.

Después del análisis de varias definiciones dadas al término “distribución en planta” la autora de la presente investigación lo define como el diseño creativo por medio del cual se logra un adecuado orden y manejo de las áreas de trabajo y equipos, con el objetivo de distribuir los elementos que componen una instalación de forma tal que se logren minimizar tiempos, espacios y costos.

1.3.1.1 Principios o fundamentos básicos de guía para un plan general.

Según (Muther, 1970) los principios o fundamentos para un plan general no son originales; por el contrario, provienen de la práctica reiterada y comprobada en multitud de plantas industriales.

En la Tabla 1.3 se detallan los diez principios o fundamentos de guía que deben guiar el trabajo de planeamiento de distribuciones:

Tabla 1.3: Principios o fundamentos de guía para un plan general de instalaciones. **Fuente:** Elaboración propia a partir de (Muther, 1970).

Principios	Descripción
1. Planear el todo y después los detalles.	Es mejor comenzar por la distribución del lugar o planta en forma global, y después elaborar sus detalles, primero, determinar las necesidades generales en relación con el volumen de producción previsto; después, establecer la relación de cada una de las áreas con las demás, considerando solamente el movimiento de material para un patrón básico de flujo o circulación. A partir de aquí, desarrollar una distribución general de conjunto.
2. Planear primero la disposición ideal y luego la disposición práctica.	El concepto inicial de la distribución deberá representar un plan teórico ideal, sin tener en cuenta las condiciones existentes ni el costo. Más tarde iremos realizando ajustes de adaptación a las limitaciones representadas por los edificios y otros factores, con lo cual llegaremos, finalmente, a una distribución que será simple y práctica.
3. Seguir los ciclos del desarrollo de una distribución y hacer que las fases se superpongan.	Los ciclos del desarrollo de toda distribución se desenvuelven con una secuencia de cuatro fases, dispuestas de forma que ofrecen una fuerte seguridad de avance hacia la consecución final del objetivo perseguido. <u>Fase I:</u> Seleccionar una localización integrada. <u>Fase II:</u> Planear una distribución de conjunto para la nueva área de producción. <u>Fase III:</u> Establecer un plan de distribución detallada de cada departamento. <u>Fase IV:</u> Planear e instalar la distribución.

Capítulo I: Fundamentos teóricos generales sobre la legislación del proceso inversionista en Cuba, microlocalización y plan general de instalaciones.

4. Planear el proceso y la maquinaria a partir de las necesidades de material.	El factor material es básico. El diseño del producto y las especificaciones de fabricación, determinan en gran manera el tipo de proceso a emplear. Solamente si sabemos que cantidad de cada artículo esperamos producir, podremos tener una base real para seleccionar la clase y cantidad de maquinaria.
5. Planear la distribución basándose en el proceso y la maquinaria.	Para poder empezar el proyecto de la distribución, es preciso que hayamos seleccionado previamente los procesos de producción idóneos. Considerar los requisitos del equipo en sí mismo (maquinaria pesada en la planta baja y adecuada superficie de suelo para el equipo voluminoso). El movimiento planeado de material entre los diversos procesos y de una a otra operación nos da el flujo o circulación. Siempre debemos recordar que el espacio y la situación de los procesos de producción y maquinaria (incluyendo utillaje y equipo) constituyen el núcleo del plan de distribución.
6. Proyectar el edificio a partir de la distribución.	Al planear la distribución hemos de tener en cuenta, el factor edificio. Cuando la factoría ya está construida, es frecuentemente el factor que más limita la distribución existente, y generalmente este es el caso. Cuando tenemos ocasión de iniciar la construcción de un edificio nuevo, hemos de proyectarlo basándonos en la distribución prevista.
7. Planear con la ayuda de una clara visualización.	Una clara visualización es un punto clave y de gran auxilio para reunir los hechos, así como para analizarlos. Le ayuda al especialista a trazar las diversas alternativas y a sopesar las consideraciones que le conciernen, así como a eliminar todas las posibles equivocaciones en una distribución, antes de que esté instalada. Esta clara visualización puede obtenerse mediante el uso de formas, dibujos, modelos, etc.
8. Planear con la ayuda de otros.	La distribución es un trabajo de cooperación: no se obtendrá la mejor distribución, a menos que se consiga la colaboración de todas las personas a las que afecte.
9. Comprobar la distribución.	Cuando hayamos desarrollado nuestra distribución general de conjunto, deberemos hacer que la aprueben antes de iniciar el planeamiento de los detalles. Esta comprobación nos asegura que la distribución está bien planeada o nos revela futuras mejoras a realizar en ella.
10. "Vender" el plan de distribución	Algunas veces la parte más difícil del trabajo de distribución es conseguir que los demás lo compren. En realidad, no existe ninguna distribución perfecta; habremos tenido que sacrificar siempre algunas características para favorecer otras. Por lo 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.

Capítulo I: Fundamentos teóricos generales sobre la legislación del proceso inversionista en Cuba, microlocalización y plan general de instalaciones.

La tabla anterior muestra los 10 principios o fundamentos básicos de guía para realizar un plan general de instalaciones, los cuales ofrecen una visión lógica para desarrollar todo lo que esta actividad requiere para lograr un plan general factible.

1.3.1.2 Objetivos básicos de un plan general.

Generalmente hablando, la misión de un plan general es hallar una ordenación de las áreas de trabajo y del equipo, que sea la más económica para el trabajo, al mismo tiempo la más segura y satisfactoria para los empleados.

Según (Muther, 1970), debemos ordenar: productores, materiales y maquinas, y los servicios auxiliares (mantenimiento, transporte, etc.) de modo que sea posible fabricar el producto a un costo suficientemente reducido para poder venderlo con un buen margen de beneficio en un mercado de competencia.

En la Figura 1.6 se exponen los objetivos básicos de un plan general a partir de lo planteado por (Muther, 1970).



Figura 1.6: *Objetivos básicos de un plan general de instalaciones. Fuente: Elaboración propia a partir de (Muther, 1970).*

1.3.1.3 Principios básicos para un plan general.

Podemos también expresar los objetivos antes mencionados en forma de principios. A continuación se muestran los seis principios básicos de un plan general según (Muther, 1970).

Capítulo I: Fundamentos teóricos generales sobre la legislación del proceso inversionista en Cuba, microlocalización y plan general de instalaciones.

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.

Es siempre mejor la distribución que permite que la distancia a recorrer por el material entre operaciones sea la más corta.

3. Principios de la circulación o flujo de materiales.

Es mejor aquella distribución que ordene las áreas de trabajo de modo que cada operación o proceso esté en el mismo orden o secuencia en que se transforman, tratan o montan los materiales. Este es un complemento del principio de la mínima distancia recorrida. Significa que el material se moverá progresivamente de cada operación o proceso al siguiente, hacia su terminación. No deben existir retrocesos o movimientos transversales; habrá un mínimo de congestión con otros materiales u otras piezas del mismo conjunto. El material se deslizará a través de la planta sin interrupción.

4. Principio del espacio cúbico

La economía se obtiene utilizando de un modo efectivo todo el espacio disponible, tanto en vertical como en horizontal. Básicamente, una distribución es la ordenación del espacio, esto es: la ordenación de los diversos espacios ocupados por los hombres, material, maquinaria, y los servicios auxiliares. Todos ellos tienen tres dimensiones; ninguno ocupa meramente el suelo. Por esto una buena distribución debe utilizar la tercera dimensión de la fábrica tanto como el área del suelo.

5. Principio de la satisfacción y de la seguridad.

Será siempre más efectiva la distribución que haga el trabajo más satisfactorio y seguro para los productores. La satisfacción del obrero es un factor importante. La seguridad es un factor de gran importancia en la mayor parte de las distribuciones, y vital en algunas. Una distribución nunca puede ser efectiva si somete a los trabajadores a riesgos o accidentes.

6. Principio de la flexibilidad.

Siempre será más efectiva la distribución que pueda ser ajustada o reordenada, con menos costo o inconvenientes. Podemos esperar notables beneficios de una

Capítulo I: Fundamentos teóricos generales sobre la legislación del proceso inversionista en Cuba, microlocalización y plan general de instalaciones.

distribución que nos permita obtener una planta fácilmente adaptable o ajustable con rapidez y economía.

1.3.1.4 Ventajas de un eficiente plan general.

Según (Muther, 1970) las ventajas de una buena distribución en planta se traducen en reducción del costo de fabricación, como resultado de los siguientes puntos:

- ✓ Reducción del riesgo para la salud y aumento de la seguridad de los trabajadores.
- ✓ Elevación de la moral y la satisfacción del obrero.
- ✓ Incremento de la producción.
- ✓ Disminución de los retrasos en la producción.
- ✓ Ahorro de área ocupada (Áreas de Producción, de Almacenamiento y de Servicio).
- ✓ Reducción del manejo de materiales.
- ✓ Una mayor utilización de la maquinaria, de la mano de obra y/o de los servicios.
- ✓ Reducción del material en proceso.
- ✓ Acortamiento del tiempo de fabricación.
- ✓ Reducción del trabajo administrativo y del trabajo indirecto en general.
- ✓ Logro de una supervisión más fácil y mejor.
- ✓ Disminución de la congestión y confusión.
- ✓ Disminución del riesgo para el material o su calidad.
- ✓ Mayor facilidad de ajuste a los cambios de condiciones.

Será probablemente imposible que consigamos todas estas ventajas al mismo tiempo; no obstante, todas estas mejoras han sido conseguidas por ingenieros de distribución en planta y son el objetivo en dicha investigación.

A partir de lo planteado por (Muther, 1970) hemos de tener en cuenta todos estos puntos, después de todo, cuando hemos hecho una inversión de capital, el dinero ya está gastado: Solamente podemos recuperarlo a través del ahorro resultante. No podemos cambiar una instalación o distribución por otra, sin sufrir una pérdida, a menos

Capítulo I: Fundamentos teóricos generales sobre la legislación del proceso inversionista en Cuba, microlocalización y plan general de instalaciones.

que se haya amortizado ya la inversión a través de los beneficios que representan los ahorros resultantes de su utilización.

1.3.2 Tipos de plan general.

Según (Quispe Suasaca, Carlos Donaires, & Huamani Pardo, 2016) existen tres formas básicas de distribución en planta: las orientadas al producto y asociadas a configuraciones continuas o repetitivas, las orientadas al proceso y asociadas a configuraciones por lotes, y las distribuciones por posición fija, correspondientes a las configuraciones por proyecto.

✓ Distribución por producto:

Llamada también distribución de Taller de Flujo. En ella se disponen el equipo o los procesos de trabajo de acuerdo con los pasos progresivos necesarios para la fabricación de un producto. Es la adoptada cuando la producción está organizada, bien de forma continua, bien repetitiva, siendo el caso más característico el de las cadenas de montaje. Ver Figura 1.7:

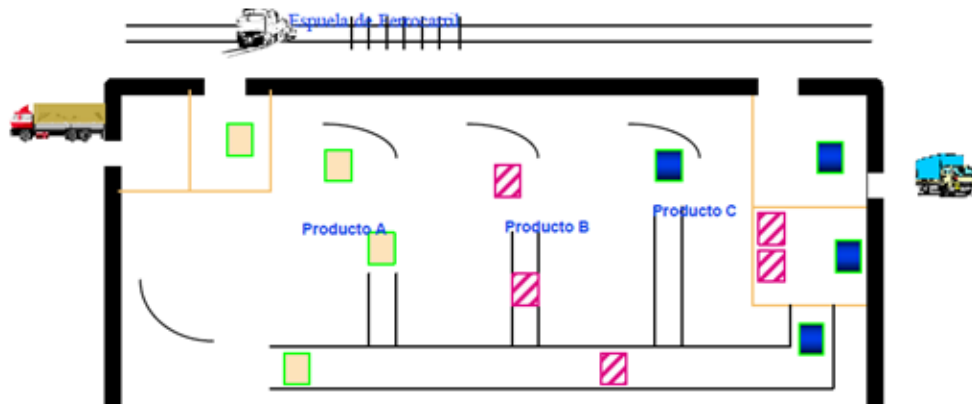


Figura 1.7: Distribuciones en planta por producto. **Fuente:** (Quispe Suasaca, Carlos Donaires, & Huamani Pardo, 2016)

✓ Distribución por proceso:

Llamada también Distribución de Taller de Trabajo o Distribución por Función. Se agrupan el equipo o las funciones similares. La distribución en planta por proceso se adopta cuando la producción se organiza por lotes (por ejemplo: muebles, talleres de reparación de vehículos, sucursales bancarias, etc.). El personal y los equipos que

Capítulo I: Fundamentos teóricos generales sobre la legislación del proceso inversionista en Cuba, microlocalización y plan general de instalaciones.

realizan una misma función general se agrupan en una misma área de acuerdo con la secuencia de operaciones establecidas. Ver Figura 1.8:

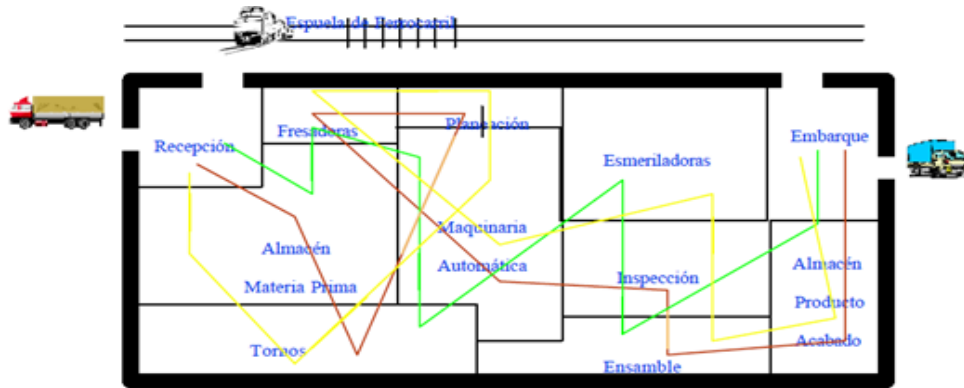


Figura 1.8: Distribuciones en planta por proceso. **Fuente:** (Quispe Suasaca, Carlos Donaires, & Huamani Pardo, 2016)

✓ Distribución por posición fija:

El producto, por cuestiones de tamaño o peso, permanece en un lugar, mientras que se mueve el equipo de manufactura a donde está el producto. Ver Tabla 1.4:

Tabla 1.4: Características esenciales de la distribución por posición fija. **Fuente:** (Quispe Suasaca, Carlos Donaires, & Huamani Pardo, 2016)

Características	Descripción
1. Proceso de trabajo	Todos los puestos de trabajo se instalan con carácter provisional y junto al elemento principal o conjunto que se fabrica o monta.
2. Material en curso de fabricación	El material se lleva al lugar de montaje o fabricación.
3. Versatilidad	Tienen amplia versatilidad, se adaptan con facilidad a cualquier variación.
4. Continuidad de funcionamiento	No son estables ni los tiempos concedidos ni las cargas de trabajo. Pueden influir incluso las condiciones climatológicas.
5. Incentivo	Depende del trabajo individual del trabajador
6. Cualificación de la mano de obra	Los equipos suelen ser muy convencionales, incluso aunque se emplee una máquina en concreto no suele ser muy especializada, por lo que no ha de ser muy cualificada.

En la tabla anterior se muestran las características esenciales de la distribución por posición fija. Estos tipos de distribuciones en planta antes mencionados tienen ciertas características, ver Tabla 1.5:

Capítulo I: Fundamentos teóricos generales sobre la legislación del proceso inversionista en Cuba, microlocalización y plan general de instalaciones.

Tabla 1.5: Características generales de las distribuciones en planta básicas. Fuente: (Quispe Suasaca,

Carlos Donaires, & Huamani Pardo, 2016)

	Distribución por producto	Distribución por proceso	Distribución por posición fija
Producto	Estandarizado Alto volumen de producción Tasa de producción constante	Diversificado Volumen variable Tasa de producción variable	Bajo pedido Bajo volumen (usualmente 1 unidad)
Flujo del trabajo	Línea continua Igual secuencia	Flujo variable Cada ítem su secuencia	Mínimo o inexistente Todo se lleva hasta el producto en el momento que se lo precisa.
Mano de obra	Altamente especializada y poco cualificada Capaz de realizar tareas rutinarias a ritmo constante	Cualificada, sin necesidad de estrecha supervisión y moderadamente adaptable.	Alta flexibilidad
Personal	Numeroso personal auxiliar para supervisión, control y mantenimiento	Necesario para programación y control de producción e inventarios	Fundamental, en programación y coordinación de actividades.
Manejo de materiales	Previsible, sistemático y a menudo automatizado	Variable, frecuentes duplicaciones, esperas y retrocesos.	Variable, usualmente escaso. En ocasiones se precisan equipos de Tipo universal para cargas pesadas.
Inventarios	Alto de productos terminados. Alta rotación de inventarios de materia prima.	Escaso inventarios de productos terminados. Altos inventarios y baja rotación de MP.	Variables y frecuentes inmovilizaciones (largo ciclo de trabajo)
Utilización del espacio	Eficiente: elevada salida por unidad de superficie	Ineficiente Gran necesidad de espacio.	Generalmente toda la superficie es requerida por un único producto.
Necesidades de capital	Alta inversión en procesos y equipos altamente especializados	Menor inversión, equipos y procesos de carácter general.	Equipos y procesos móviles y de carácter general
Costo del producto	Costos fijos relativamente altos. Bajo coste unitario por mano de obra y material.	Costos fijos relativamente bajos. Alto costo unitario por mano de obra y materiales.	Bajo costo fijo. Alto costo unitario.

Capítulo I: Fundamentos teóricos generales sobre la legislación del proceso inversionista en Cuba, microlocalización y plan general de instalaciones.

En la Tabla 1.5 se muestran las características generales de las distribuciones en planta básicas.

✓ Distribución Celular:

La denominación de distribución celular es un término relativamente nuevo, en tanto que el fenómeno no lo es en absoluto. Busca, en esencia, beneficiarse simultáneamente de las ventajas de la distribución por producto (Eficiencia) y por proceso (Flexibilidad). Consiste en agrupar elementos con las mismas características en familias y asignarles su grupo de trabajadores y maquinas.

Estos tipos de distribución en planta tienen ventajas y desventajas como se muestra en las Tablas 1.6 y 1.7:

Tabla 1.6: Ventajas de la distribución en planta básica. **Fuente:** (Quispe Suasaca, Carlos Donaires, & Huamani Pardo, 2016)

Posición Fija	Celular	Proceso	Producto
- Menor manipuleo de la mayor unidad. - Fija la responsabilidad en un operario. - Permite variabilidad e intermitencia de demanda y producto. - Más flexible. - No requiere mayor programación ni distribución en planta. - Promueve el orgullo y calidad ya que un operario puede completar el trabajo entero.	- Mayor utilización de la maquinaria. - Mejor flujo, menores distancias. - Ambiente de trabajo en equipo y mejora del trabajo. - Mejora la pericia de los operarios (alta repetitividad). - Menor tiempo de preparación de los equipos. - Menor tiempo de fabricación. - Más fácil la planificación. - Más fácil la supervisión y el control visual.	- Mejor utilización de maquinaria, y por tanto una menor inversión. - Se adapta a una variedad de productos y frecuentes cambios de secuencia. - Se adapta a demanda intermitente. - Gran incentivo a los trabajadores por la diversidad de tareas. - Fácil mantener la continuidad ante: 1. descompostura de un equipo 2. falta de material 3. falta de un operario - Puede usar maquinaria no especializada - Bajos requerimientos de manipulación - Supervisión especializada.	- Menor manipuleo - Menor inversión y menor tiempo de producción. - Mejor aprovechamiento del trabajo: mayor especialización, más fácil el entrenamiento. - Diferentes niveles de Capacitación - Más fácil el control, menor el papeleo. - Más fácil la supervisión. - Menores problemas interdepartamentales. - Menor congestión. - Mejor utilización del espacio. - Flujo lógico, simple, directo. - Utiliza equipos especializados. - Más fácil planificación.

Capítulo I: Fundamentos teóricos generales sobre la legislación del proceso inversionista en Cuba, microlocalización y plan general de instalaciones.

Tabla 1.7: Desventajas de la distribución en planta básica. **Fuente:** (Quispe Suasaca, Carlos Donaires, & Huamani Pardo, 2016)

Posición Fija	Celular	Proceso	Producto
- Alto movimiento de personal y maquinaria. Mayor capacitación del personal - Precisa supervisión general - Puede ocasionar mayor necesidad de espacio. Requiere control ajustado y coordinación en la programación de la producción.	- Mayor costo y desorganización al pasar de proceso a celular. - Menor flexibilidad. - Mayor tiempo de equipos inactivos. - Riesgo de que las células queden obsoletas con el paso del tiempo (cambio de productos o procesos) - Mayor capacitación (los miembros de cada equipo deben estar preparados para realizar todas las operaciones de la célula). - Depende críticamente del balanceo de células.	- Elevados tiempos de ejecución. - Difícil planificación y control de la producción. - Mayor costo por unidad de producto. - Baja productividad, ya que cada trabajo es diferente, y por lo tanto requiere de distinta organización y del aprendizaje de los operarios. - Mayores requerimientos en equipos.	- Poca flexibilidad en los tiempos de fabricación - El flujo no puede ser más rápido que la actividad más lenta. - Nula flexibilidad en el proceso. - Alta inversión - El conjunto depende de cada una de las partes. Trabajos muy monótonos. - Requiere de supervisión general.

Otros tipos de distribuciones en planta:

✓ Distribuciones Híbridas

Lo más frecuente es que en una estrategia de flujo se combine elementos de un enfoque por productos y un enfoque por procesos. Esta estrategia de flujo intermedio requiere una distribución híbrida, en la cual algunas partes de la instalación están dispuestas por producto y otras por proceso.

✓ Distribución Justo a Tiempo

Puede ser de dos tipos:

- Una línea de flujo semejante a una línea de montaje.
- O una distribución por proceso o taller de trabajo.

Capítulo I: Fundamentos teóricos generales sobre la legislación del proceso inversionista en Cuba, microlocalización y plan general de instalaciones.

En la distribución en línea se disponen en secuencia el equipo y las estaciones de trabajo. En la distribución por proceso, el objetivo es simplificar el manejo de materiales y crear rutas normales que enlacen el sistema con movimiento frecuente de materiales.

1.3.2.1 Fases de Desarrollo del plan general.

Las cuatro fases o niveles de la distribución en planta, que además pueden superponerse uno con el otro, según (Muther, 1970), son:

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 nuevo bien hacia un área de similares características y potencialmente disponible.

Fase II: Plan de Distribución General.

Aquí se establece el patrón de flujo para el total de áreas que deben ser atendidas en la actividad a desarrollar, indicando también (y para cada una de ellas) la superficie requerida, la relación entre las diferentes áreas y la configuración de cada actividad principal, departamento o área, sin atender aún las cuestiones referentes a la distribución en detalle. El resultado de esta fase nos llevará a obtener un bosquejo o diagrama a escala de la futura planta.

Fase III: Plan de Distribución Detallada.

Aquí se debe estudiar y preparar en detalle el plan de distribución alcanzado en el punto anterior e incluye el análisis, definición y planificación de los lugares donde van a ser instalados/colocados los puestos de trabajo, así como la maquinaria o los equipos e instalaciones de la actividad.

Fase IV: Instalación.

Aquí, última fase, se deberán realizar los movimientos físicos y ajustes necesarios, conforme se van instalando los equipos, máquinas e instalaciones, para lograr la materialización de la distribución en detalle que fue planeada.

Capítulo I: Fundamentos teóricos generales sobre la legislación del proceso inversionista en Cuba, microlocalización y plan general de instalaciones.

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

De lo citado hasta ahora puede deducirse fácilmente que al realizar una buena distribución, es resulta necesario conocer la todos aquellos factores que estén involucrados, y a su vez la relación entre ellos.

Según lo planteado en (Tema 4: Distribución en planta, 2014) la influencia e importancia relativa de los mismos puede variar con cada organización y situación concreta; en cualquier caso, la solución adoptada para la distribución en planta debe conseguir un equilibrio entre las características y consideraciones de todos los factores, de forma que se obtengan las máximas ventajas. De manera agregada, los factores que tienen influencia sobre cualquier distribución pueden encuadrarse en ocho grupos que comentamos a continuación:

1. Los materiales

Dado que el objetivo fundamental del Subsistema de Operaciones es la obtención de los bienes y servicios que requiere el mercado, la distribución de los factores productivos dependerá necesariamente de las características de los materiales sobre los que haya que trabajar. Son factores fundamentales a considerar el tamaño, forma, volumen, peso y características físicas y químicas de los mismos, que influyen decisivamente en los métodos de producción y en las formas de manipulación y almacenamiento. La bondad de una distribución en planta dependerá en gran medida de la facilidad que aporta en el manejo de los distintos productos y materiales con los que se trabaja.

2. La maquinaria

Para lograr una distribución adecuada es indispensable tener información de los procesos a emplear, de la maquinaria, utillaje y equipos necesarios, así como de la utilización y requerimientos de los mismos. La importancia de los procesos radica en que éstos determinan directamente los equipos y máquinas a utilizar y ordenar.

3. La mano de obra

También 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

Capítulo I: Fundamentos teóricos generales sobre la legislación del proceso inversionista en Cuba, microlocalización y plan general de instalaciones.

luminosidad, ventilación, temperatura, ruidos, etc. De igual forma habrá de estudiarse la cualificación y flexibilidad del personal requerido, así como el número de trabajadores necesarios en cada momento y el trabajo que habrán de realizar

4. El movimiento

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.

5. Las esperas

Un objetivo fundamental es conseguir que la circulación de los 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.

6. Los servicios auxiliares

Permiten y facilitan la actividad principal que se desarrolla en una planta, entre ellos, podemos citar los relativos al personal, al material y a la maquinaria. Estos servicios aparecen ligados a todos los factores que toman parte en la distribución estimándose que aproximadamente un tercio de cada planta o departamento suele estar dedicado a los mismos.

7. El edificio

La consideración del edificio es siempre un factor fundamental en el diseño de la distribución, pero la influencia del mismo será determinante si éste ya existe en el momento de proyectarla. En este caso, su disposición espacial y demás características se presenta como una limitación a la propia distribución del resto de los factores, lo que no ocurre cuando el edificio es de nueva construcción.

8. Los cambios

Uno de los objetivos que se persiguen con la distribución en planta es su flexibilidad. Es, por tanto, ineludible la necesidad de prever las variaciones futuras para evitar que los posibles cambios en los restantes factores que hemos enumerado lleguen a transformar una distribución en planta eficiente en otra anticuada que merme beneficios potenciales. Es fundamental tener en cuenta las posibles ampliaciones futuras de la distribución y sus distintos elementos, considerando los cambios externos que pudieran afectarla y la

Capítulo I: Fundamentos teóricos generales sobre la legislación del proceso inversionista en Cuba, microlocalización y plan general de instalaciones.

necesidad de conseguir que durante la redistribución, sea posible seguir realizando el proceso productivo.

Se ha expuesto hasta aquí un resumen de las principales consideraciones a tener en cuenta respecto de los factores que entran en juego en un estudio de distribución en planta.

1.3.4 Métodos de plan general.

En una búsqueda bibliográfica respecto a los métodos que se pueden aplicar para llevar a cabo la propuesta de plan general de la presente investigación se encontraron los siguientes métodos que se muestran en la Tabla 1.8:

Tabla 1.8: Métodos de plan general aplicables a la presente investigación. Fuente: Elaboración propia.

Métodos	Descripción
Modelo lineal de ordenamiento (Método Húngaro).	Este método se aplica cuando las máquinas no poseen relaciones entre ellas y solo se relacionan con elementos limítrofes de otros sistemas parciales relacionados con este. La función objetivo es minimizar los gastos de transporte total
Método S.L.P. (Systematic Layout Planning)	Es la técnica comúnmente aplicada cuando la distribución en planta deba realizarse teniendo en cuenta factores cualitativos, fue 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 triangular	Este método pertenece a los de carácter aproximado o heurísticos, el fundamento de este método es el ordenamiento esquemático de las máquinas o grupos de ellas en los vértices de una red triangular equilátera, de forma tal que el gasto de transporte total sea mínimo (Schmigalla, 1964) & (Bloch, 1950).
Método de análisis de secuencia	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 de los eslabones	Garantiza el mejor orden de los elementos del sistema a partir de las interrelaciones entre ellos; se basa en la secuencia de fabricación de los distintos productos, de donde se deducen los distintos eslabones (interconexión entre dos secciones) existentes.

Capítulo I: Fundamentos teóricos generales sobre la legislación del proceso inversionista en Cuba, microlocalización y plan general de instalaciones.

1.4 Conclusiones del capítulo.

1. La búsqueda, estudio y recopilación sobre los fundamentos teóricos generales sobre localización y plan general de instalaciones, ofrece las bases para el análisis de los criterios a seguir en la toma de decisiones de la presente investigación.
2. Se estudian aspectos y conceptos fundamentales sobre la localización y plan general de instalaciones lo que permite el conocimiento de la existencia de diversas metodologías y procedimientos.
3. Se van desarrollando métodos más complejos destinados a resolver problemas más complicados en una realidad cada vez más competitiva y compleja.

Capítulo II



CAPÍTULO II: CARACTERIZACIÓN DE LA EMPRESA GEYSEL UEB CIENFUEGOS.

En el presente capítulo se realiza una caracterización general a la Empresa Geysel UEB Cienfuegos. Se representan los procesos identificados en el mapa actual de procesos, se realiza un análisis detallado del proceso de Operaciones, 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 microlocalización y plan general factible para una central de grupos electrógenos diesel en el Municipio Cumanayagua.

La generación eléctrica en Cuba durante el período revolucionario ha transitado por disímiles cambios en sus formas de generación y a su vez existen diferentes empresas que, de una forma u otra, colaboran con la generación de energía eléctrica y ayudan a que el engranaje energético funcione como un conjunto unido que permita optimizar y generar energía de manera eficiente.

El grupo Geysel asumió el compromiso de atender los grupos electrógenos diesel a raíz de una nueva restructuración. Una vez con esta responsabilidad, dicha entidad se encarga del montaje, mantenimiento y operación de los grupos para contribuir a mantener en nuestro país una generación distribuida óptima.

2.1 Caracterización de la Empresa Geysel.

Geysel, Empresa de Grupos Electrógenos y Servicios Eléctricos, perteneciente a la Unión Eléctrica de Cuba y al Ministerio de Energía y Minas (MINEM), fue fundada el 15 de octubre de 1995. Liderazgo en el territorio nacional, en la esfera de los servicios eléctricos y la actividad de grupos electrógenos.

Está representada en todo el territorio nacional con 20 Unidades Empresariales de Base (UEB) y la Oficina Central, la cual radica en el Vedado, Municipio Plaza, La Habana. Tiene definida su dirección estratégica:

Capítulo II: Caracterización de la Empresa Geysel UEB Cienfuegos.

Misión

Garantizar la generación eficiente y sustentable de energía eléctrica con motores de combustión interna diesel, respondiendo a los requisitos del Sistema Eléctrico Nacional con profesionalidad y confiabilidad, atender los Grupos Electrógenos de Emergencia que sincronizan al Sistema Eléctrico Nacional (SEN), así como los que garantizan el servicio al primer nivel y brindar servicios técnicos eléctricos a la UNE y terceros.

Visión

Ser reconocidos como la empresa líder en los servicios y producciones que realizamos y que la certificación por Geysel sea el certificado de gestión de la más alta estima, ampliamente aceptada en el mercado de grupos electrógenos y servicios eléctricos.

Objeto Social

- ✓ Brindar servicios de selección, proyección, instalación, puesta en marcha, mantenimiento, explotación y reparación de grupos electrógenos, torres de iluminación, motosoldaduras, motobombas y centrales diesel eléctricas.
- ✓ Producir y comercializar de forma mayorista cuadros eléctricos de media y baja tensión.
- ✓ Realizar estudios y proyección de instalaciones eléctricas, así como brindar servicios de instalación, remodelación y mantenimiento de dichas instalaciones.

Por resolución No.417 del 1ro de julio del 2014 del Director General de la Empresa Grupos Electrógenos y Servicios Eléctricos, en correspondencia con las indicaciones de la Resolución No.134 del 2013 del Ministro de Economía y Planificación para la definición y modificación de los Objetos Sociales y en cumplimiento de las facultades que le están conferidas como Director General, aprobó actividades secundarias al Objeto Social de Geysel.

- ✓ Comercializar de forma mayorista grupos electrógenos, torres de iluminación, motosoldaduras, así como sus partes y piezas.
- ✓ Prestar servicios de arrendamiento de grupos electrógenos, torres de iluminación, equipos tecnológicos, motosoldaduras y motobombas.
- ✓ Prestar servicios de ajuste y puesta en marcha de protecciones eléctricas en media y baja tensión.

Capítulo II: Caracterización de la Empresa Geysel UEB Cienfuegos.

- ✓ Brindar servicios de alquiler de locales para conferencias, capacitación u otro tipo de reuniones y eventos.
- ✓ Brindar servicio de alojamiento y alimentación.
- ✓ Arrendamiento de espacios.
- ✓ La actividad de Operación.

Como parte del proceso de transformaciones del Ministerio de Energía y Minas y La Unión Eléctrica, se decidió que las Empresas Mantenedoras de Grupos Electrógenos Diesel asumieran la actividad de la Operación, y tomando a Geysel como embrión, se unieron a ella los emplazamientos de Grupos Electrógenos Diesel de las OBE Provinciales y una parte del personal de Generación Distribuida, que estaban en las Empresas Eléctricas y Generación Distribuida de Ciudad Habana (GEDICH).

A partir del 1ro de julio del 2015, Geysel, además de la ejecución de los mantenimientos y la solución de averías de los grupos electrógenos diesel, asumió también la Operación y desde entonces hasta hoy tiene la misión de garantizar la generación eficiente y sustentable de energía eléctrica con motores de combustión interna diesel, respondiendo a los requisitos del Sistema Electroenergético Nacional (SEN) con profesionalidad y confiabilidad, atender los Grupos Electrógenos de Emergencia que sincronizan al SEN, así como los que garantizan el servicio al primer nivel y brindar servicios técnicos eléctricos a la Unión Eléctrica (UNE) y terceros.

Dentro de las 20 Unidades Empresariales de base (UEB) que pertenecen a esta empresa, se encuentra la UEB de Cienfuegos, la cual está ubicada en la Calle 12 NE # 8104 e/ 81 y 83, Reparto Tulipán, Cienfuegos y es el objeto de estudio de la presente investigación. La misma cuenta con un total de 226 trabajadores, distribuidos en 4 Ejecutivos, 63 Técnicos, 143 Operarios y de 16 de Servicio. Esta información, además de la cantidad de trabajadores según género y nivel de escolaridad se pueden apreciar en las Figuras 2.1 y 2.2 que se muestran a continuación:

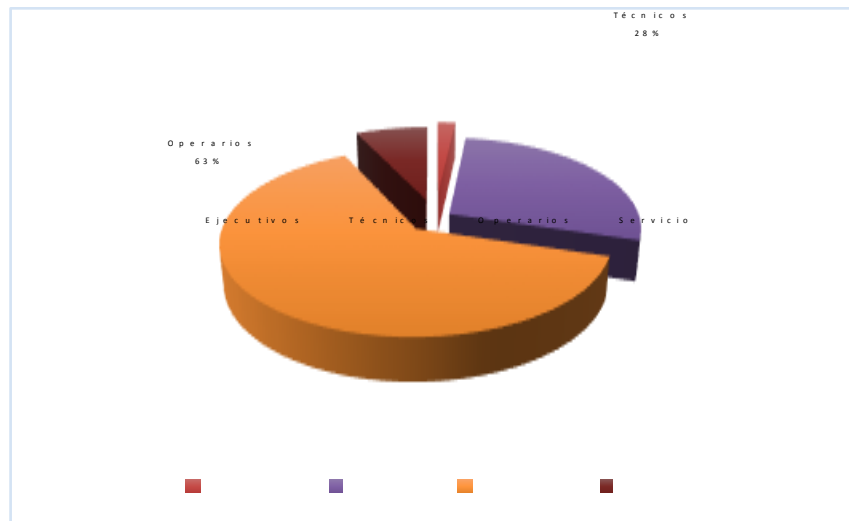


Figura 2.1: Plantilla actual de la UEB Geysel Cienfuegos. Fuente: Elaboración Propia.

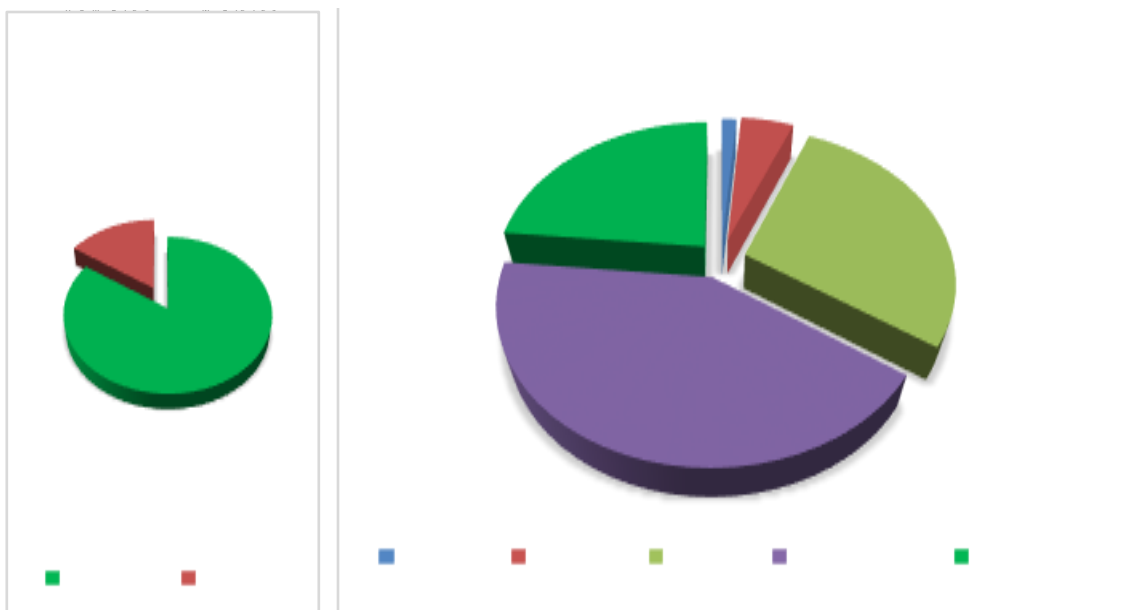


Figura 2.2: Cantidad de trabajadores según género y nivel de escolaridad. Fuente: Elaboración Propia.

La estructura jerárquica de las diferentes áreas se muestra en el Organigrama de la UEB el cual se puede apreciar en la Figura 2.3:

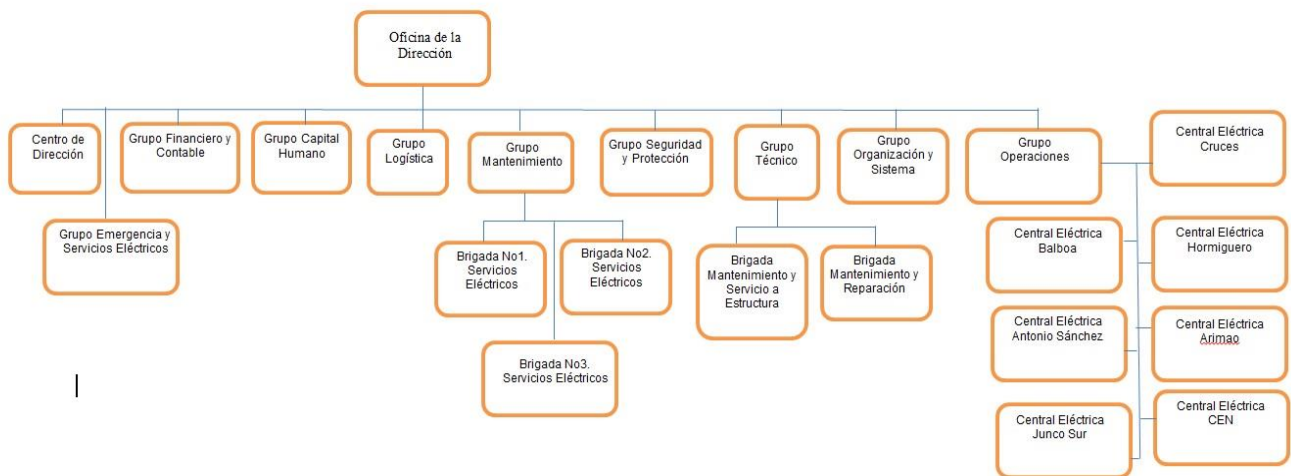


Figura 2.3: Organigrama de la UEB Geysel Cienfuegos. Fuente: Elaboración Propia.

También consta de 7 Centrales Eléctricas, con un total de 34 Grupos Electrógenos Diesel, tecnología MTU S-4000 y MTU S-2000, con una Potencia Instalada Total de 142.6 MW, una Disponibilidad Promedio de 90 a 92% y una Norma de Consumo de 219g/kWh. Estos están diseñados para trabajar en dos modos de operación diferentes:

- ✓ **Modo Isla:** Las unidades trabajan de forma independiente o paralelas entre sí, pero separadas del sistema, de forma tal que los parámetros de frecuencia y voltaje son fijados por ellas.
- ✓ **Modo Sincronizado:** Las unidades trabajan en paralelo con un sistema de forma sincronizada. Los parámetros de voltaje y frecuencia son fijados por el sistema.

Además, presta servicio a un total de 28 Grupos Electrógenos de Emergencia de tecnologías SCANIA, GUASCOR, VOLVO y MAN, los cuales están distribuidos en diferentes instalaciones de la provincia como son: Planta de Filtro Paso Bonito, Planta de Filtro Damují, Frigorífico, Servicios Portuarios (ASPORT), Cereales, Empresa Comercializadora de Productos del Mar (COPMAR), Hospital y Fábrica de Pienso.

Todos estos grupos, tanto los que sincronizan como los de emergencia, son unidades compactas de fácil operación, altamente confiables y de buen rendimiento, capaces de cumplir con los requerimientos de conservación ambiental y generación de la energía eléctrica con calidad.

Capítulo II: Caracterización de la Empresa Geysel UEB Cienfuegos.

La UEB cuenta con una serie de procesos que se integran para hacer cumplir sus objetivos principales: la generación de energía eléctrica, el mantenimiento y la prestación de servicios eléctricos, estos procesos son:

1. Procesos Estratégicos: que incluyen la Planificación Estratégica, la Gestión Técnica, Desarrollo e Inversiones y la Gestión de Sistemas Integrado.
2. Procesos de Apoyo: que incluyen Gestión de Capital Humano, Gestión Económico – Financiera y los Servicios Internos.
3. Procesos Claves: que son Comercialización, Operaciones, Mantenimiento y Logística.

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 el Mapa de Procesos en el Anexo 1.

Los proyectos en etapa de investigación y desarrollo son:

1. Central Eléctrica Diesel en el Municipio Cumanayagua.
2. Proyecto para la ejecución de viviendas, se realiza estudio de suelos por la Empresa Nacional de Investigaciones Aplicadas.
3. Socio-administrativos de las Centrales Eléctricas de Junco Sur y Cruces.
4. Viales de acceso a la Central Eléctrica de Cruces.
5. Ampliación de la UEB Geysel Cienfuegos.

2.2 Descripción del proceso.

Como bien se aborda anteriormente, la UEB Geysel de Cienfuegos consta de tres procesos dentro de su Mapa de Procesos que se integran para hacer cumplir sus objetivos fundamentales. Dentro de los Procesos Estratégicos se encuentra el Área de Inversiones donde se encuentra el proyecto en etapa de investigación y desarrollo de microlocalización y de plan general de una central eléctrica de grupos electrógenos diesel en el Municipio Cumanayagua, la cual después de su puesta en marcha pasará a formar parte del Área de Operaciones que pertenece a los Procesos Claves.

El Proceso de Operaciones constituye uno de los procesos claves de la UEB ya que en él se llevan a cabo todos los procesos fundamentales que constituyen la esencia y la razón de ser de este centro de trabajo.

A continuación, se procede a describir algunos aspectos importantes relacionados con este proceso.

✓ Esquema de Operación:

Las órdenes para la entrada de los grupos a generar para el sistema, procede del Despacho Nacional de Carga (DNC) a los despachos provinciales y de ahí a las centrales eléctricas y van acompañadas de la potencia y modo a que se utilizarán los grupos electrógenos. El DNC ordena a las provincias la potencia a sincronizar por un orden planificado y los despachos provinciales ordenan la entrada a las centrales según el orden provincial elaborado por Generación Distribuida. Este sistema define el desfasaje de grupos y por tanto la ejecución del mantenimiento capital y la disponibilidad. Una vez que es emitida la orden de operación entre el despacho y las centrales se establece un flujo informativo, cumplimiento de órdenes, estado de disponibilidad y datos.

La central eléctrica reporta al Despacho Provincial cuando por cualquier motivo aparece una indisponibilidad ya sea por limitación técnica, por avería, mantenimiento o falta de materias de servicio. Se reporta la causa de la indisponibilidad o limitación, acciones que se tomarán y tiempo estimado de solución actualizándose cada día. Entre la Dirección de Generación Distribuida y el Despacho Nacional de Carga se establece un flujo de coordinación de información que tiene como objetivo garantizar la generación con la disponibilidad óptima y cumpliendo los parámetros de calidad de la energía para el Sistema Electroenergético Nacional (SEN).

A continuación, se muestra en la Figura 2.5 un Diagrama SIPOC del Proceso de Operaciones.

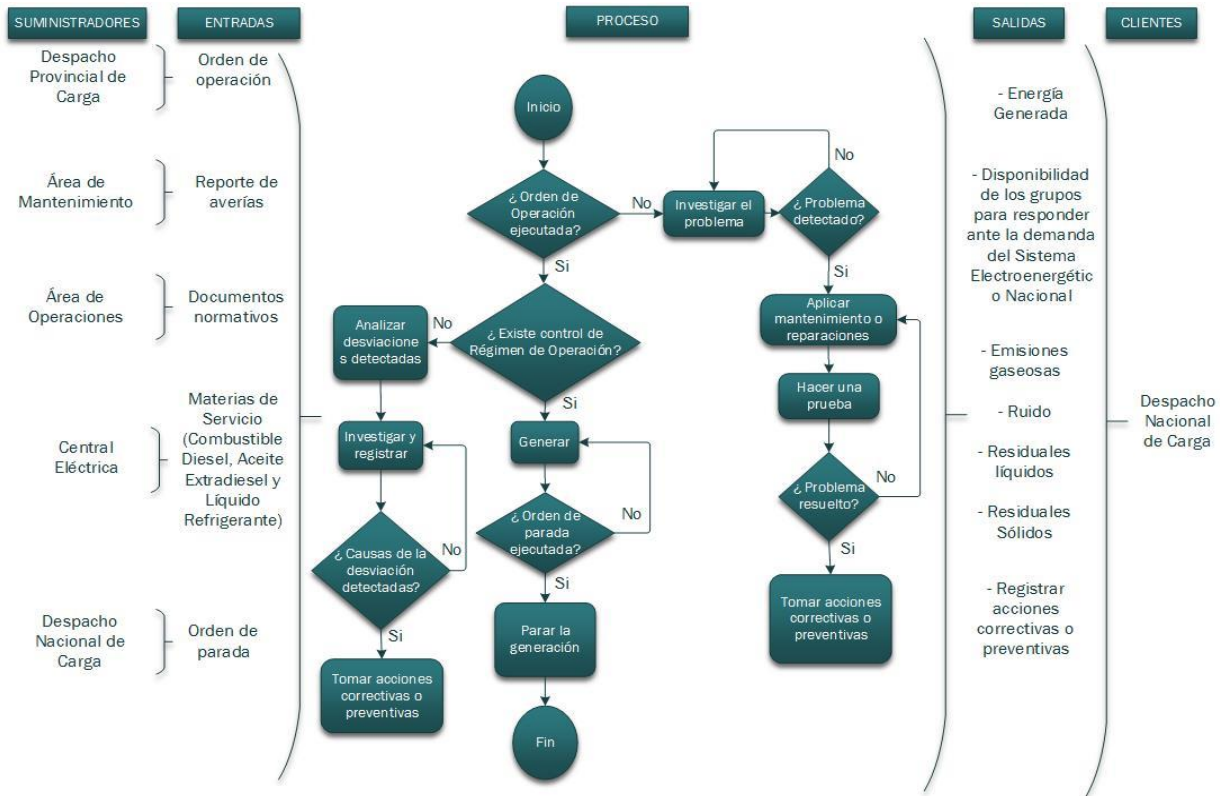


Figura 2.7: Diagrama SIPOC del Proceso de Operaciones. Fuente: Elaboración propia.

✓ Control de régimen y principios de la operación.

Es necesario un sistema de medición, control y análisis de los parámetros de los equipos, con el objetivo de mantener y conducir el comportamiento de los mismos. El control de régimen de operación sigue un esquema donde se toman lecturas de parámetros previamente definidos con sus criterios de aceptación y periodicidad, que se analizan por el personal de operación y mantenimiento de la central. El sistema de control de régimen lo conforman los documentos normativos de la actividad, modelos, esquemas de análisis y el personal que interviene en este.

✓ La operación como sistema debe asegurar:

1. El funcionamiento adecuado de todo el sistema de Generación Distribuida en su conjunto y de cada central eléctrica por separado en los modos establecidos.

Capítulo II: Caracterización de la Empresa Geysel UEB Cienfuegos.

2. La existencia de instrucciones de operación para todo el equipamiento, colocadas en los puestos de trabajo, equipo y sistemas que permite seguir paso a paso las instrucciones disciplinadamente.
3. Capacitación del personal de operación a todos los niveles, para su formación inicial y de forma permanente.
4. El cumplimiento estricto de las normas de seguridad, adoptando todas las medidas para evitar accidentes.
5. El cumplimiento estricto del control de régimen de operación de los equipos y sistemas.
6. El mantenimiento de los parámetros de calidad de la energía especificado por el Sistema Electroenergético Nacional (SEN).
7. Una disciplina y cultura de operación de excelencia.
8. Servicio ininterrumpido.
9. Confiabilidad y economía de las centrales.

✓ **Como política se definen tres regímenes de operación:**

1. Contingencia: Garantiza la continuidad del servicio ante déficit de generación o situaciones excepcionales, las unidades pueden utilizarse al 100 % de su carga nominal cumpliendo las especificaciones del fabricante (Norma ISO 8528) o un esquema por horarios para su operación en isla, siempre autorizado por el DNC.
2. Económico: Tiene como objetivo combinar la disminución de las pérdidas en el sistema y la utilización de las unidades más eficientes, operando en dependencia de la tecnología en el régimen para el cual fue diseñado.
3. Orientado al mantenimiento: En dependencia de las horas de trabajo de las unidades se orienta la operación para lograr una curvatura de mantenimiento deseada. Para la tecnología diesel se establece un orden de entrada y salida por centrales eléctricas, a nivel de país y provincia por el cual se rigen los despachos para las asignaciones de potencia, el DNC para distribución provincial y el Despacho Provincial para orden de operación de centrales. Para la tecnología fuel se utiliza el desfasaje introducido por la inversión y pruebas, además planificando parada de los grupos en horarios de bajas cargas y adelantando las horas del

Capítulo II: Caracterización de la Empresa Geysel UEB Cienfuegos.

mantenimiento. De esta forma se va logrando el desfasaje para los mantenimientos, teniendo en cuenta los tiempos de mantenimiento. Este sistema define el desfasaje de grupos y por tanto la ejecución del mantenimiento capital y la disponibilidad.

2.3. Información técnica de la inversión.

La central eléctrica de grupos electrógenos diesel estará compuesta por:

- ✓ Un socio-administrativo con servicio sanitario.
- ✓ Garita de control (2 posiciones).
- ✓ Un Sistema de Tratamiento de Residuales.
- ✓ Área para tanques de combustibles con cubetos (4 tanques de recepción y 1 de operación de 100m^3 cada uno)
- ✓ Área de contenedores de grupos electrógenos diesel
- ✓ Contenedor de media tensión
- ✓ Cabina de control
- ✓ Tanque de agua contra incendio (100m^3).
- ✓ Caseta de bomba
- ✓ Almacén de extintores contra incendio (Almacén de espumosos).
- ✓ Viales interiores.
- ✓ Almacén de lubricantes (aceite y líquido refrigerante).

➤ Parámetros técnicos:

- ✓ Área solicitada: $10\,000.0\text{ m}^2$
- ✓ Tipo de obra: Nueva
- ✓ Número de pisos: Uno
- ✓ Altura máxima: 10.0 m
- ✓ Fuerza de trabajo: 11 trabajadores, de ellos 1 Jefe de Central, 1 Técnico, 8 Operadores (trabajan 2 por turno) y 1 Operador que cubre vacaciones.
- ✓ Insumo de agua: $1250.0\text{ m}^3/\text{día}$
- ✓ Insumo de energía eléctrica: $500\text{ kW}/\text{día}$
- ✓ Carga total instalada: $500\text{ kW}/\text{día}$ (8 grupos electrógenos de tecnología MTU Serie 4000)
- ✓ Máxima demanda instalada: $230.0\text{ kW}/\text{día}$

Capítulo II: Caracterización de la Empresa Geysel UEB Cienfuegos.

- ✓ **Voltaje requerido:** 13.8 kV con un consumo anual de 182500 kW
- ✓ **Necesidad de comunicación:** Se solicita servicio telefónico que se debe tramitar con ETECSA.
- ✓ **Acceso vehicular:** Se accede a través de la carretera Cumanayagua – Manicaragua.
- ✓ **Contaminación:**

Emissiones gaseosas: Emisiones (concentraciones) de los contaminantes (CO, SO₂ y NOX) desde los tubos de escape de los motores que no superan las emisiones máximas admisibles (EMA) para Grupos Electrógenos Diesel exigidos por la norma cubana NC 803:2017, que regula las emisiones de las fuentes de energía, (referidos a 15 % O₂ en gas seco)

Ruido: El nivel de ruido es por debajo de los 85 decibeles para todos los puestos de trabajo, exceptuando la cabina de control donde según actividades requiere un nivel sonoro equivalente continuo de 65 decibeles.

Residuales Líquidos:

- Aceite Usado: 93.23 litros como promedio al año.
- Mezcla y emulsiones de hidrocarburos, aceite y agua (que se obtiene en el centrifugado): 5m³ como promedio al año.

Estos datos pueden variar según la generación.

Residuales sólidos:

- Estopas contaminadas: 0.2 toneladas como promedio al año.
- Baterías: hasta 2 al año.
- Envases de plástico contaminado: 16 como promedio.
- Luminarias: 15 como promedio.
- Chatarra electrónica: 0.1 toneladas.
- Filtros de aceite, combustible y aire: 70 como promedio.

Estos datos pueden variar según la generación.

Sistema de Tratamiento: La central contará con un depósito de hormigón u otro material no filtrante al exterior, con tuberías acodadas en las salidas de los compartimientos para producir la menor turbulencia posible y garantizar la dirección de las partículas y líquidos más pesados que el agua hacia el fondo de los compartimientos como se observa en la Figura 2.4. Estos van eliminando todos esos sedimentos en forma decreciente y logrando que en el último donde

está el vertimiento los residuales hayan dejado un alto por ciento de contaminantes de forma tal que lo que se vierte no contamina al medio ambiente. Además este sistema es provisto de uno adicional que recoge y procesa mediante una canal construida a todo su alrededor todos los residuos que pueden arrastrar las aguas pluviales y los derrames accidentales.

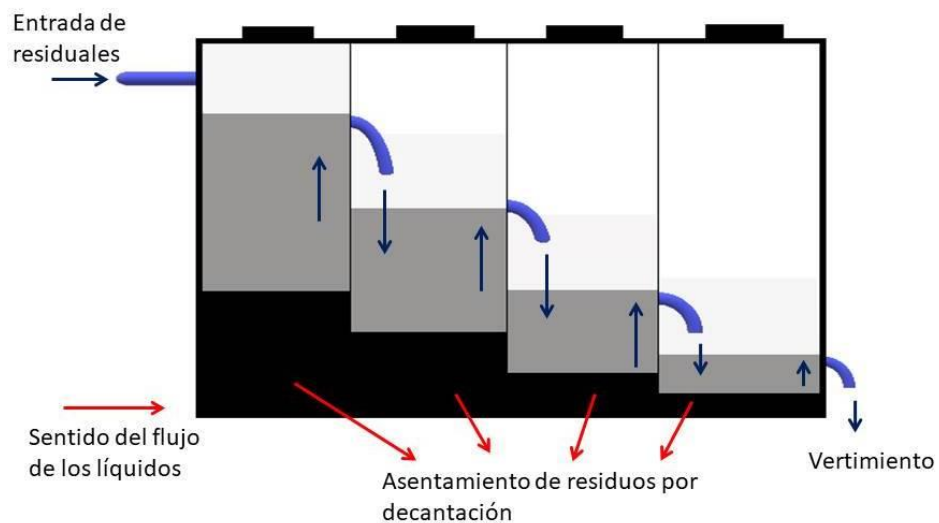


Figura 2.6: Sistema de tratamiento de residuales de la Central Eléctrica de Grupos Electrógenos de Cumanayagua. Fuente: Elaboración Propia.

➤ Vinculación con el desarrollo social y económico del territorio.

Con relación al desarrollo social esto garantiza el servicio eléctrico a la población y los servicios básicos en caso de emergencia y económicamente contribuye al aumento de la generación de electricidad y su aporte al Sistema Electroenergético Nacional (SEN).

➤ Redes Técnicas.

- ✓ **Insumo de Agua:** 1250 m³/día
- ✓ **Insumo de energía eléctrica:** 500 kW /día
- ✓ **Comunicaciones:** Servicio telefónico.
- ✓ **Obras inducidas:** Mejoramiento del vial de acceso desde la carretera de Manicaragua.

Capítulo II: Caracterización de la Empresa Geysel UEB Cienfuegos.

➤ Afectaciones.

- ✓ **Variante 1:** Se afectan las instalaciones de la Vaquería 19 que ocupa un área de 10000.0 m² y que pertenecen a la Unidad Básica de Producción "El Tabloncito".
- ✓ **Variante 2:** Se afecta un área estatal de 10000.0 m². Actualmente es un área cercana a la Vaquería 18 de la propia Unidad Básica de Producción "El Tabloncito".

➤ Delimitación.

- ✓ **Variante 1:** Norte: Con terraplén de acceso a instalaciones porcinas.
Sur: Con áreas de pastos de la Vaquería 19.
Este: Con vial de acceso a la vaquería 19.
Oeste: Con terreno de autoconsumo privado.
- ✓ **Variante 2:** Norte: Con áreas aledañas a la Vaquería 18.
Sur: Con áreas aledañas a la Vaquería 18.
Este: Con áreas aledañas a la Vaquería 18.
Oeste: Con vial de acceso a la vaquería 19.

2.4. Legislación, especificaciones y normas aplicadas a la inversión.

Para la organización y desarrollo de la presente investigación se deberán tener en cuenta las regulaciones vigentes para la ejecución de cualquier inversión. Se aplicará el Decreto Ley 327/2014 "Regulaciones del Proceso Inversionista en Cuba" para la evaluación y aprobación de la microlocalización y plan general de la central eléctrica. Para cada paso en que se desarrolla el proyecto en estudio se irá conciliando directamente con los organismos rectores los cuales mediante los protocolos establecidos dictaminarán acuerdos con la empresa (Geysel).

2.4.1. Legislación del proceso inversionista en Cuba (Decreto Ley No. 327/2014).

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.

Capítulo II: Caracterización de la Empresa Geysel UEB Cienfuegos.

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

- 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.
- 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.
- 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.

2.4.2. Organismos rectores, de consulta y legislaciones aplicadas.

Los Ministerios vinculados al proyecto en estudio como Organismos Rectores son:

- ✓ Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Resolución 224/2014.
- ✓ 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.
- ✓ Instituto de Planificación Física. Resolución 74/2014.

Los Ministerios vinculados al proyecto en estudio como Organismos de Consulta son:

- ✓ Ministerio del Transporte. Resolución 1118/2014.
- ✓ Ministerio de Comunicaciones. Resolución 624/2014.
- ✓ Ministerio de la Construcción. Resolución 307/2014.

2.4.3. Regulaciones específicas de los Organismos Rectores.

- ✓ Mantendrá una tipología constructiva predominante en la zona, paredes de mampostería y cubierta ligera.
- ✓ En el edificio socio-administrativo la carpintería pudiera ser metálica, de madera, plástico y/o cristal.
- ✓ Mantendrá su orientación hacia la carretera Cumanayagua – Manicaragua.
- ✓ Tendrá cartel identificativo de la central eléctrica y estará orientado hacia el acceso principal.
- ✓ Durante la construcción 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.
- ✓ Durante la construcción cualquier afectación que se produzca a las instalaciones colindantes o al medio ambiente será responsabilidad del inversionista.
- ✓ 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 postes y las propias estructuras de la central, además tiene un alto riesgo de que ocurran accidentes tecnológicos.
- ✓ Se prohíbe durante la explotación la elaboración de alimentos en la instalación pudiendo contar con un área específica para esto.
- ✓ 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 no menos 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 3,50m.
- ✓ Cumplimentará lo establecido en la NC 39.1999 "Calidad del Aire. Requisitos higiénico- sanitarios", respecto a las emisiones gaseosas.

2.4.4. Condicionantes específicas de los Organismos Rectores.

- ✓ Contar con la aprobación del Centro Provincial de Higiene, Epidemiología y Microbiología (CPHEM).
- ✓ Las áreas verdes interiores se conciliarán con la Agencia de Protección Contra Incendios (APCI) por la existencia de combustible y otros productos inflamables y explosivos.
- ✓ El alto de las chimeneas de los grupos cumplirá lo regulado en la NC: 1020:2014 Calidad del aire – contaminantes – concentraciones máximas admisibles y valores guías en zonas habitables.
- ✓ La salida de los gases de combustión siempre estará ubicada de forma que no afecte a los trabajadores del local donde estén emplazados los equipos y las viviendas circundantes y otras instalaciones.
- ✓ El depósito de combustible cumplirá con lo regulado en la NC: 96-02-18 Base de almacenamiento de petróleo y sus derivados. Requisitos generales, en la toma de abastecimiento al depósito de combustible se construirá una cajuela colectora de derrames durante el proceso de serviciado de los tanques.
- ✓ Las áreas deberán mantenerse limpias, libres de hierbas, sin obstáculos, así como también fuera de la cerca o muro perimetral hasta una distancia que podrá ser definida de acuerdo a la zona de ubicación y decisiones del órgano rector (APCI).
- ✓ La cerca o muro perimetral estará adecuadamente señalizada y limitado el personal ajeno a su funcionamiento.
- ✓ La salida de los gases estará como mínimo a dos metros por encima del grupo electrógeno.
- ✓ Antes de poner en marcha el grupo electrógeno se solicitará la certificación del mismo ante los diferentes órganos reguladores.
- ✓ Cumplir lo regulado en la NC: 26/2012 Ruido en Zonas Habitables. Requisitos Higiénicos Sanitarios.
- ✓ Se realizarán mediciones a las emisiones gaseosas y de ruido de forma periódica por los Organismos Competentes.
- ✓ Deberá realizar Planes de Contingencia de Peligro Vulnerabilidad y Riesgo, en coordinación con la Defensa Civil ante peligros de Desastres Naturales y

Capítulo II: Caracterización de la Empresa Geysel UEB Cienfuegos.

Tecnológicos que puedan producirse y poner en riesgo la vida de los trabajadores y/o la estabilidad de las estructuras.

- ✓ Si se generaran escombros durante la construcción se 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 Resolución 74/14), 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".

2.4.5. Normas, regulaciones y otros instrumentos consultados.

Para la preparación del expediente de la inversión de la central eléctrica de grupos electrógenos diesel de Cumanayagua se consultaron las siguientes normas:

- ✓ Documento del Plan General de Ordenamiento Territorial del municipio Cumanayagua aprobado por el Consejo de Administración Municipal en el acuerdo 18-2012 de fecha 02/02/2012 y por la asamblea en el acuerdo 36-XV de fecha 24/03/2013.
- ✓ Reglamento para la elaboración del estudio de microlocalización, Instituto de Planificación Física (IPF), noviembre 2010.
- ✓ Procedimiento sobre el reglamento para el estudio de microlocalización, Departamento Provincial de Planificación Física (DPPF) Cienfuegos 2011.
- ✓ NC-27/99. "Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado".
- ✓ Decreto Ley No. 327/2014 "Reglamento del Proceso Inversionista".

Estas normas, regulaciones e instrumentos consultados tienen como objeto contribuir a la eficiencia, racionalidad e integralidad a través de los preceptos siguientes:

1. Establecer las funciones de todos los sujetos del proceso.

Capítulo II: Caracterización de la Empresa Geysel UEB Cienfuegos.

2. Preparar las inversiones sobre bases técnicas y económicas, según sus características.
3. Garantizar que los documentos de pre-inversión y de post-inversión reflejen correctamente los datos contables, según las Normas Cubanas de Información Financiera vigentes.
4. 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.
5. 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.
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. Contribuir a potenciar el programa de inversiones a mediano plazo que genera cada plan de ordenamiento territorial y urbano.
9. 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.
10. 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.

2.4.6. Separación mínima referencial entre los diferentes elementos dentro de la instalación.

En el caso particular de la presente investigación no existe una norma que establezca las distancias mínimas entre los elementos que componen la instalación, por lo que se toma como referencia el documento de los Principios Generales de la Ingeniería Básica

Capítulo II: Caracterización de la Empresa Geysel UEB Cienfuegos.

para la proyección de los emplazamientos de grupos electrógenos en baterías Modelo MTU elaborados a partir de datos proporcionados por el fabricante.

Este documento incluye las características básicas del equipamiento objeto del alcance de suministro de MTU y las bases generales de dimensionamiento de las restantes instalaciones fuera del alcance de suministro. Podrá servir de base para el desarrollo del Proyecto de Detalle de la instalación que se realizará con posterioridad, por parte del Cliente a través de INEL. En este documento se recogen todas aquellas condicionantes iniciales de la instalación y se realiza un predimensionamiento de las instalaciones de que se compondrá la planta de generación. (PRINCIPIOS GENERALES DE LA INGENIERÍA BÁSICA PARA LA PROYECCIÓN DE LAS EMPLAZAMIENTOS DE GRUPOS ELECTRÓGENOS EN BATERÍAS MODELO MTU, 2005)

Entre las condicionantes iniciales de la instalación se encuentran las siguientes:

- ✓ La planta de generación se compone de un total de ocho (8) grupos motor-generator montados sobre contenedores independientes con una producción de 1880kW en trabajo de 6 horas diarias, con posibilidad de generarlos en emergencia, aunque en trabajo del 75% del tiempo generan solo 10800kW. La disposición eléctrica de los contenedores se realiza en una (1) hilera de ocho (8) grupos moto-generadores cada una, que a su vez se agrupan físicamente en una sola hilera.
- ✓ Que detrás de cada grupo electrógeno quede un espacio mínimo de 13 metros, que permita su desmontaje individual de ser necesario.
- ✓ Distanciar siempre que sea posible los tanques de combustible de cualquier Objeto de Obra, al menos 20 metros a partir de las caras de los mismos.
- ✓ Distanciar las máquinas 3 – 4.5 metros entre sí.
- ✓ La parte trasera de los grupos electrógenos deben de guardar, considerando el espacio del vial y la cerca, no menos de 15m para el traslado del grupo electrógeno en caso de mantenimiento.
- ✓ La distancia entre las instalaciones y el cercado perimetral será de 15m como mínimo. Para la salida de los contenedores en caso de mantenimiento.

A partir de los datos que proporciona el documento de los Principios Generales de la Ingeniería Básica para la proyección de los emplazamientos de grupos electrógenos en baterías Modelo MTU y de otros datos tomados de la Norma BN-DS-C69 *Minimum*

Capítulo II: Caracterización de la Empresa Geysel UEB Cienfuegos.

A pesar de la aplicación de las más novedosas técnicas de distribución, la solución final requiere normalmente de ajustes imprescindibles basados en el sentido común y en el juicio del distribuidor, de acuerdo a las características específicas del proceso productivo o de servicios que tendrá lugar en la planta que se proyecta, por esta razón este método será adaptado en la presente investigación a las condiciones reales y con las adecuaciones que se utilizan en la empresas de proyecto, teniendo siempre en cuenta el criterio de las distancias mínimas entre el equipamiento y todas las instalaciones que conforman la central eléctrica.

2.5.1. Método de la media geométrica.

Para la determinar la microlocalización de la central eléctrica de grupos electrógenos diesel del municipio de Cumanayagua se utilizará 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

2.5.2 Método de Planeación Sistemática de la Distribución en Planta (SLP).

El Método SLP 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)

Capítulo II: Caracterización de la Empresa Geysel UEB Cienfuegos.

Esta técnica puede aplicarse a oficinas, laboratorios, áreas de servicio, almacén u operaciones manufactureras y es igualmente aplicable a mayores o menores readaptaciones que existan, nuevos edificios o en el nuevo sitio de planta planeado. El Método S.L.P consiste en un esqueleto de pasos, un patrón de procedimientos de la Planeación Sistemática de la Distribución en Planta y un juego de conveniencias. Es una forma organizada para realizar la planeación de una distribución y está constituida por cuatro fases (Localización, Plan de Distribución General, Plan de Distribución Detallada e Instalación), en una serie de procedimientos y símbolos convencionales para identificar, evaluar y visualizar los elementos y áreas involucradas de la mencionada planeación. Estas cuatro fases se producen en secuencia, y según el autor del método para obtener los mejores resultados debe solaparse unas con otras. (Maynard, 2016)

2.6 Conclusiones del capítulo.

1. Se describe la empresa Empresa de Grupos Electrónicos y Servicios Eléctricos (Geysel) así como el Proceso de Operaciones dentro de la misma con sus principales características.
2. Quedan establecidos los requerimientos técnicos y las condicionantes específicas de los organismos rectores y de consunta.
3. Se analizan y quedan establecidas las distancias mínimas entre los equipamientos a distribuir en la central eléctrica de grupos electrógenos diesel que se propone para el Municipio Cumanayagua.
4. Se selecciona el Método de la Media Geométrica para la localización y el Método de Planeación Sistemática (SLP) para el plan general de la central eléctrica de grupos electrógenos diesel en el Municipio Cumanayagua.

Capítulo III



Capítulo III: “Propuesta de Microlocalización y Plan General de la Central Eléctrica”.

CAPÍTULO III: PROPUESTA DE MICROLOCALIZACIÓN Y PLAN GENERAL DE LA CENTRAL ELÉCTRICA.

En el presente capítulo se aplicarán diferentes métodos y herramientas con el propósito de determinar la microlocalización y plan general de una central eléctrica de grupos electrógenos diesel en el municipio de Cumanayagua. Primeramente se determinan la cantidad de expertos para determinar los factores influyentes para la microlocalización de la central eléctrica de grupos electrógenos diesel. Posteriormente se realiza un análisis aplicando el Método de la Media Geométrica para la microlocalización factible de la central eléctrica y finalmente se aplica el Método de Planeación Sistemática (SLP) para la propuesta de plan general.

3.1 Selección de los factores para la microlocalización según expertos.

Para identificar los factores a incluir en el estudio para la microlocalización de la instalación se utiliza el método *Delphi*, el cual consiste en la utilización sistemática del juicio intuitivo de un grupo de expertos para obtener el más confiable consenso de opiniones entre ellos.

Se caracteriza como experto todo aquel individuo o grupo de personas competentes y capaces de ofrecer valoraciones conclusivas de un problema en cuestión y hacer recomendaciones en cada momento o situación que así lo requiera con un alto nivel de competencia. Debe tenerse en cuenta para la elección de los expertos, en este caso en particular, que cuenten con años de experiencia en la actividad que desempeñan o sean miembros del Consejo de Dirección y que cubran la mayor cantidad de áreas involucradas para lograr satisfacer las necesidades de la empresa desde todos sus procesos internos.

3.1.1 Selección de expertos.

Para la selección de los 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 la fórmula:

$$n = \frac{p(1-p)k}{i^2}$$

Capítulo III: “Propuesta de Microlocalización y Plan General de la Central Eléctrica”.

Donde:

k: Constante que depende del nivel de significación estadística que se muestra en la Tabla 3.1.

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

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

Tabla 3.1. Nivel de significación estadística. **Fuente:** Elaboración propia.

1 - α	99 %	95 %	90 %
Nivel de confianza (k)	6,6564	3,8416	2,6896

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

Al efectuar el cálculo para obtener el número de expertos se toman los siguientes datos:

p (Proporción de error que se comete al hacer estimaciones con n expertos) = 0.01

k (Nivel de confianza al 99%) = 6,6564

i (Precisión del experimento ($i \leq 12$)) = 0.01

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

Una vez realizado el cálculo y determinado el número de expertos se obtiene que deben ser siete expertos para la selección de las posibles alternativas de microlocalización de la central eléctrica de grupos electrógenos diesel en el municipio Cumanayagua.

Para seleccionar los expertos se tiene en cuenta que posean como mínimo dos años de experiencia, que sean directivos o posean un vasto conocimiento del proceso que ocurre en una central eléctrica de grupos electrógenos. Se tiene una propuesta de 13 posibles expertos que se muestra en la Tabla 3.2 a los cuales se les aplica el cuestionario del coeficiente de competencia de expertos que aparece en el Anexo 2.

Capítulo III: “Propuesta de Microlocalización y Plan General de la Central Eléctrica”.

Tabla 3.2: Propuestas de expertos para el proyecto en cuestión. **Fuente:** Elaboración propia.

No .	Cargo que desempeña
1	Director General de la UEB
2	Especialista Principal del Área Técnica
3	Especialista en Inversiones
4	Jefe de Central Eléctrica
5	Especialista Principal de Logística
6	Especialista Principal de Mantenimiento
7	Especialista Principal de Economía
8	Especialista Principal de Recursos Humanos
9	Especialista Principal Centro de Dirección
10	Asesor Jurídico
11	Jefe de Operaciones
12	Técnico de Central Eléctrica
13	Operador de Central Eléctrica

Este cuestionario se aplica en aras de conocer la competencia de los expertos y así poder elegir entre ellos los más capaces para participar en este proyecto. Una vez aplicado el cuestionario se obtuvo que 5 de los expertos propuestos demostraron un coeficiente alto de competencia y el resto entre medio y bajo, de los cuales se tomaron las 2 mejores puntuaciones de nivel medio quedando así constituido un comité de 7 expertos para la presente investigación como se puede apreciar en la Tabla 3.3:

La Tabla 3.3 muestra los expertos seleccionados para la realización de este proyecto.

Tabla 3.3: Expertos seleccionados para el proyecto. **Fuente:** Elaboración propia.

Numero de Expertos	Cargo que desempeña
1	Especialista en Inversiones
2	Director General de la UEB
3	Especialista Principal del Área Técnica
4	Jefe de Central Eléctrica
5	Especialista Principal de Logística
6	Jefe de Operaciones
7	Operador de Central Eléctrica

Capítulo III: “Propuesta de Microlocalización y Plan General de la Central Eléctrica”.

3.2 Selección de factores.

Inicialmente se aplica un cuestionario para la determinación de los factores de microlocalización para la ubicación de la Central Eléctrica de Grupos Electrónicos en el Municipio Cumanayagua, la cual se muestra en el Anexo 3. Una vez aplicado este cuestionario 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 seleccionados como resultado se exponen en la Tabla 3.4:

Tabla 3.4: Factores para la microlocalización de la central eléctrica de grupos electrógenos diesel en el municipio Cumanayagua. Fuente: Elaboración propia.

No .	Factores
1	Seguridad del lugar.
2	Costo de construcción de la instalación.
3	Posibilidad de orientar adecuadamente los grupos en el terreno y de ampliación en el futuro.
4	Afectaciones al Medio Ambiente.
5	Facilidad de acceso a la instalación.
6	Facilidad de conexión al Sistema Electroenergético Nacional.
7	Sistemas Hidráulicos disponibles.
8	Disponibilidad de fuerza de trabajo calificada en el municipio.
9	Disponibilidad del terreno.
10	Existencia de población próxima a la zona.

Luego de la selección inicial de los factores de microlocalización se realiza una segunda ronda para determinar la importancia de cada factor y con esta información se aplica la dódima no paramétrica de Kendall (W) para comprobar la concordancia existente con un criterio estadístico, para ello, primeramente se le solicita a cada experto que le dé un orden a los factores teniendo en cuenta el nivel importancia que le considera a cada uno, asignado valores entre 1 y 5 donde el mayor valor se lo dará al factor que considere como más importante y el menor valor al que entienda sea menos importante, dicho cuestionario se muestra en el Anexo 4.

Capítulo III: “Propuesta de Microlocalización y Plan General de la Central Eléctrica”.

Una vez recogidas las respuestas obtenidas de la aplicación de los cuestionarios, se ordenan las ponderaciones de acuerdo al valor de la sumatoria por las filas (S_j). Los resultados obtenidos que forman parte de la segunda ronda del método *Delphi* proyectan la calificación de cada experto por factor y la ponderación en porciento que cada uno de ellos le atribuye como se muestra en la tabla 3.5:

Tabla 3.5: Ponderación de los factores de microlocalización. **Fuente:** Elaboración propia.

Factores	E 1	E 2	E 3	E 4	E 5	E 6	E 7	S j	$C_i = \frac{S_{j+100}}{S_{j\text{total}}}$	$(S_j - \bar{S})^2$
F ₄	5	5	5	4	5	5	5	34	12.55 %	47.61
F ₁₀	5	5	4	5	5	5	4	33	12.18 %	34.81
F ₉	4	5	4	5	4	5	5	32	11.81 %	24.01
F ₆	3	4	5	4	4	4	5	29	10.70 %	3.61
F ₈	5	4	3	4	4	4	4	28	10.33 %	0.81
F ₅	4	4	4	4	4	3	3	26	9.59 %	1.21
F ₂	3	3	4	4	5	4	3	26	9.59 %	1.21
F ₇	3	3	4	4	3	4	4	25	9.23 %	4.41
F ₃	3	4	4	2	2	2	3	20	7.38 %	50.41
F ₁	3	3	2	2	3	2	3	18	6.64 %	82.81
Total								271	100.00 %	250.90

Luego se procede a calcular la concordancia, utilizando la d́cima no paramétrica de Kendall (W). El planteamiento de esta d́cima es el siguiente:

H_0 : No hay acuerdo entre los expertos.

H_1 : Hay acuerdo entre los expertos.

En la prueba estadística el coeficiente de concordancia de Kendall (W), ofrece el valor que posibilita decidir el nivel de concordancia entre los expertos. El valor de W oscila entre 0 y 1 donde 1 significa una concordancia de acuerdos total y 0 un desacuerdo total. 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 responde a la siguiente expresión y los cálculos se muestran en el Anexo 5.

Capítulo III: “Propuesta de Microlocalización y Plan General de la Central Eléctrica”.

$$W = \frac{12S}{k^2(n^3 - n) - k \sum T_i}$$

Donde:

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

$$s = \sum (s_j - \bar{s})^2$$

k: número de expertos.

n: número de factores ordenados.

La región crítica de esta dócima es:

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

$$RC: 7(10-1)0.062 > \chi^2_{0.99; 10-1}$$

$$RC: 63(0.062) > \chi^2_{0.99; 9}$$

$$RC: 3.906 > \chi^2_{0.99; 9}$$

$$RC: 3.906 > 2.088$$

$\chi^2_{0.99}$: Chi-cuadrado (χ^2) tabulado se localiza en la tabla estadística correspondiente con tal distribución para n-1 grados de libertad y un nivel de significación prefijada, generalmente, $\alpha=0.01$, dicha tabla se muestra en el Anexo 6.

Después de realizado los cálculos pertinentes queda demostrado que se cumple la región crítica $RC: 3.906 > 2.088$ por lo que se rechaza H_0 y se acepta H_1 , se considera que hay acuerdo entre los expertos por lo que se puede considerar que los resultados alcanzados son válidos.

Una vez obtenida la lista de los factores influyentes para la microlocalización de la central eléctrica, se procede a realizar la ponderación de los factores en % que representa cada uno del total. Ver figura 3.1.

Capítulo III: “Propuesta de Microlocalización y Plan General de la Central Eléctrica”.

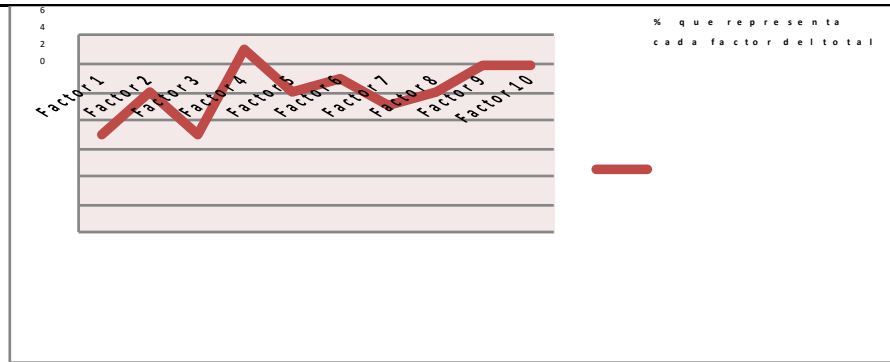


Figura 3.1: Por ciento que representa cada factor de microlocalización sobre el total. **Fuente:** Elaboración propia.

3.3 Selección de la ubicación de la central eléctrica de grupos electrógenos diesel.

Una vez determinados los factores a tener en cuenta para la microlocalización, se aplica el Método de la Media Geométrica según la valoración de los expertos de cada factor para cada alternativa.

En las Imágenes 3.1 y 3.2 se muestran la Macrolocalización y Microlocalización de las áreas propuestas para ubicar la Central Eléctrica.



Imagen 3.1: Macrolocalización de las áreas propuestas para ubicar la Central Eléctrica en Cumanayagua, Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia a partir de imagen de Google Maps, 2019.

Capítulo III: “Propuesta de Microlocalización y Plan General de la Central Eléctrica”.

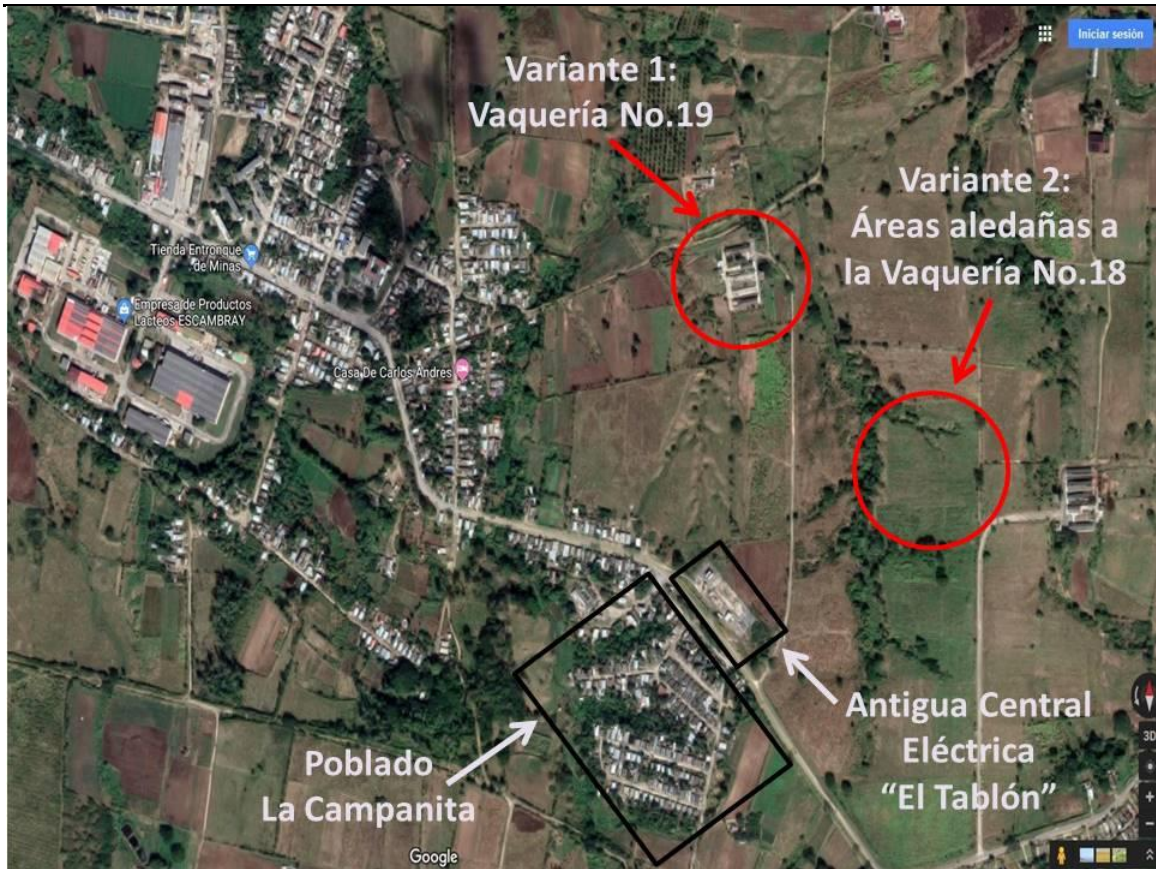


Imagen 3.2: Posibles microlocalizaciones de la Central Eléctrica en el municipio Cumanayagua, Cienfuegos. Fuente: Elaboración propia a partir de imagen de Google Maps, 2019.

Estas variantes constituyen posibles espacios para la ubicación de la central eléctrica ya que son terrenos no cercanos a poblados y por tanto no tendrán lugar afectaciones por ruido, emisiones de gases y vibraciones. Las variantes son las siguientes:

- ✓ Variante 1: Instalación existente en la Vaquería No.19 de la Unidad Básica de Producción “El Tabloncito” que se encuentra en desuso.
- ✓ Variante 2: Áreas aledañas a la Vaquería 18 de la propia Unidad Básica de Producción que se encuentra al este y próxima a la vaquería 19.

Para ello se le realiza a cada experto el cuestionario que se muestra en el Anexo 7 donde cada uno de ellos asigna sus puntuaciones en una escala de 1 a 10 para poder obtener finalmente la puntuación definitiva y por la tanto poder decidir entre las dos variantes de microlocalización propuestas anteriormente en la presente investigación.

Capítulo III: “Propuesta de Microlocalización y Plan General de la Central Eléctrica”.

Una vez procesados los datos recogidos en el cuestionario aplicado a cada experto se obtienen los resultados que se muestran a continuación en la Tabla 3.5 a y b:

Tabla 3.5 a: Método Media Geométrica. Fuente: Elaboración propia.

Método de la Media Geométrica				
No.	Factores de microlocalización	Ponderación del factor (%)	Variantes	
			1	2
Factor ₄	Afectaciones al Medio Ambiente.	12.55%	7	8
Factor ₁₀	Existencia de población próxima a la zona.	12.18%	6	8
Factor ₉	Disponibilidad del terreno.	11.81%	6	9
Factor ₆	Facilidad de conexión al Sistema Electroenergético Nacional.	10.70%	5	8
Factor ₈	Disponibilidad de fuerza de trabajo calificada en el municipio.	10.33%	7	7
Factor ₅	Facilidad de acceso a la instalación.	9.59%	5	6
Factor ₂	Costo de construcción de la instalación.	9.59%	5	7
Factor ₇	Sistemas Hidráulicos disponibles.	9.23%	6	6
Factor ₃	Posibilidad de orientar adecuadamente los grupos en el terreno y de ampliación en el futuro.	7.38%	7	8
Factor ₁	Seguridad del lugar.	6.64%	6	8

En la tabla anterior se muestra que para cada factor de localización se le asigna un coeficiente de ponderación expresado en porcentaje, de acuerdo a su importancia para cumplir los objetivos de la empresa. Para la calificación de las alternativas por la administración se fija una escala de 1 a 10, para cada factor de localización.

Capítulo III: “Propuesta de Microlocalización y Plan General de la Central Eléctrica”.

Tabla 3.5 b: Método Media Geométrica. Fuente: Elaboración propia.

Método de la Media Geométrica				
No.	Factores de microlocalización	Ponderación del factor (%)	Variantes	
			1	2
Factor ₄	Afectaciones al Medio Ambiente.	0.126	1.277	1.298
Factor ₁₀	Existencia de población próxima a la zona.	0.122	1.244	1.288
Factor ₉	Disponibilidad del terreno.	0.118	1.236	1.296
Factor ₆	Facilidad de conexión al Sistema Electroenergético Nacional.	0.107	1.188	1.249
Factor ₈	Disponibilidad de fuerza de trabajo calificada en el municipio.	0.103	1.223	1.223
Factor ₅	Facilidad de acceso a la instalación.	0.096	1.167	1.187
Factor ₂	Costo de construcción de la instalación.	0.096	1.167	1.205
Factor ₇	Sistemas Hidráulicos disponibles.	0.092	1.180	1.180
Factor ₃	Posibilidad de orientar adecuadamente los grupos en el terreno y de ampliación en el futuro.	0.074	1.154	1.166
Factor ₁	Seguridad del lugar.	0.066	1.126	1.148
Total		100.00%	11.96	12.24

En la tabla anterior se define el Método de la Media Geométrica, pudiéndose observar las puntuaciones obtenidas para cada una de las variantes obteniendo la mayor puntuación la variante 2, o sea las áreas aledañas a la Vaquería 18 de la propia Unidad Básica de Producción “El Tabloncito” que se encuentra al este y próxima a la vaquería 19, por lo tanto es la propuesta para ubicar la nueva central eléctrica de grupos electrógenos diesel en el municipio de Cumanayagua.

✓ Coordinadas del área resultante.

Las coordenadas del área resultante seleccionada por los expertos y la distancia que existe de un punto al siguiente se muestran en la tabla 3.6:

Capítulo III: “Propuesta de Microlocalización y Plan General de la Central Eléctrica”.

Tabla 3.6: Coordenadas de la Variante 2 para la ubicación de la nueva central eléctrica de grupos electrógenos diesel en el municipio de Cumanayagua. **Fuente:** Elaboración propia.

Puntos	Coordenada x	Coordenada y
1	584.458,91	257.062,85
2	584.573,41	257.062,85
3	584.573,94	257.931,80
4	584.459,44	257.932,92

En la tabla anterior se muestran con exactitud las coordenadas cartesianas del área seleccionada (Variante 2) la cual se muestra en la Imagen 3.3. A través de ellas se pueden plotear los puntos mediante cualquier sistema de coordenadas.



Imagen 3.3: Microlocalización seleccionada para la ubicación de la Central Eléctrica en el municipio Cumanayagua, Cienfuegos. **Fuente:** Elaboración propia a partir de imagen de Google Maps, 2019.

Capítulo III: “Propuesta de Microlocalización y Plan General de la Central Eléctrica”.

3.4 Procedimiento para el desarrollo del método de Plan General por el Método Systematic Layout Planning (SLP).

Una vez seleccionada el área donde será ubicada la nueva central de grupos electrógenos diesel en el municipio de Cumanayagua se procede a realizar el plan general de la misma, para ello se utiliza el Método de Planeación Sistemática (SLP) propuesta por Muther, mediante el plan general que sigue la secuencia lógica que se muestra en la Figura 3.2:

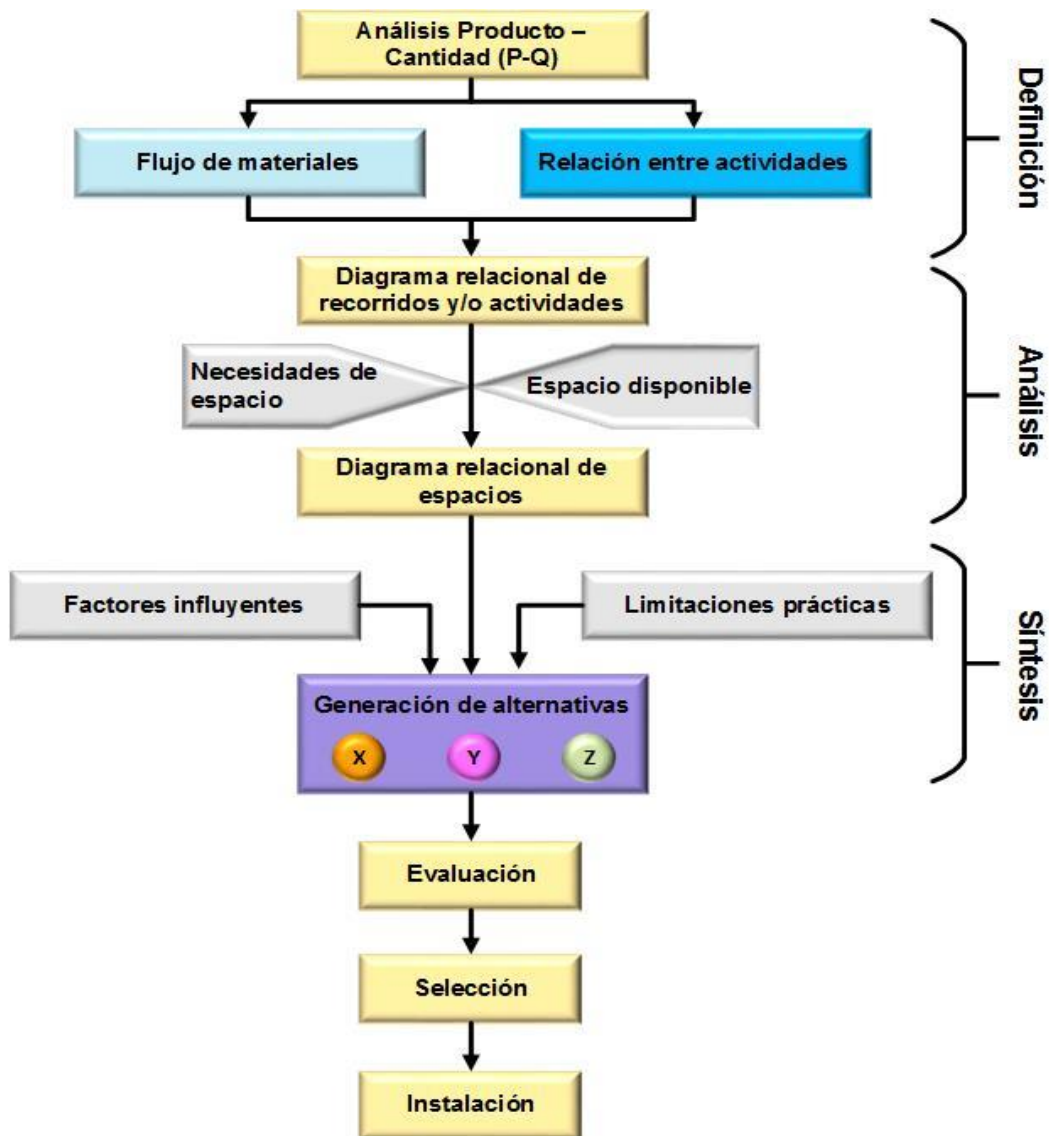


Figura 3.3: Esquema del Método de Planeación Sistemática (SLP) a partir de la metodología propuesta por Muther (1968). Fuente: Elaboración propia.

Capítulo III: “Propuesta de Microlocalización y Plan General de la Central Eléctrica”.

3.4.1 Desarrollo del método Planeación Sistemática (SLP) para determinar el plan general de la Central Eléctrica.

El Método de Planeación Sistemática (SLP) se basa en el estudio de cinco elementos a partir de los cuales se resuelve el problema de la distribución en planta.

- ✓ El Producto o Material que debe fabricarse, incluyendo materias primas, piezas compradas y productos terminados o semiterminados.
- ✓ La Cantidad o Volumen de cada variedad de productos o artículos que deben ser fabricados.
- ✓ El Recorrido o Proceso, es decir, las operaciones y su secuencia o el orden en el cuál se realizan éstas.
- ✓ Los Servicios Anexos, Actividades de Soporte y Funciones que son necesarios para realizar las operaciones de fabricación y montaje, de manera que las instalaciones y los productos funcionen con normalidad.
- ✓ El Tiempo o Toma de Tiempos que relaciona todos los anteriores y que influye de manera directa sobre estos cuatro elementos, ya que nos permite precisar cuándo deben fabricarse los productos y en qué cantidades, cuánto durará el proceso y qué tipo de máquinas lo acelerarán, qué servicios son necesarios y su situación, porque de ellos dependerá la velocidad a la que el personal se desplace de un punto de trabajo a otro.

Por analogía, estos cinco elementos podrían ser los componentes de una llave que abra la puerta del lugar donde se encuentra la solución al problema de distribución en planta que se investiga.

3.4.1.1 Análisis Producto - Cantidad (P-Q).

Lo primero que se debe conocer, para realizar la planificación del plan general, es qué se va a producir y en qué cantidades, y estas previsiones deben disponerse para cierto horizonte temporal.

Se toma como punto de partida la planificación de generación de energía anual de la empresa para la central eléctrica cuando esté en operación, como se muestra en el Anexo 8. En el caso de la presente investigación se puede apreciar que el objetivo de una central eléctrica de grupos electrógenos es generar electricidad, que se expresa como generación bruta, generación neta e insumo, por lo que se tiene solo una línea de producción.

Capítulo III: “Propuesta de Microlocalización y Plan General de la Central Eléctrica”.

En la Figura 3.3 se muestra un gráfico de barras donde se muestra la generación anual para esta central eléctrica en su primer año de operación.

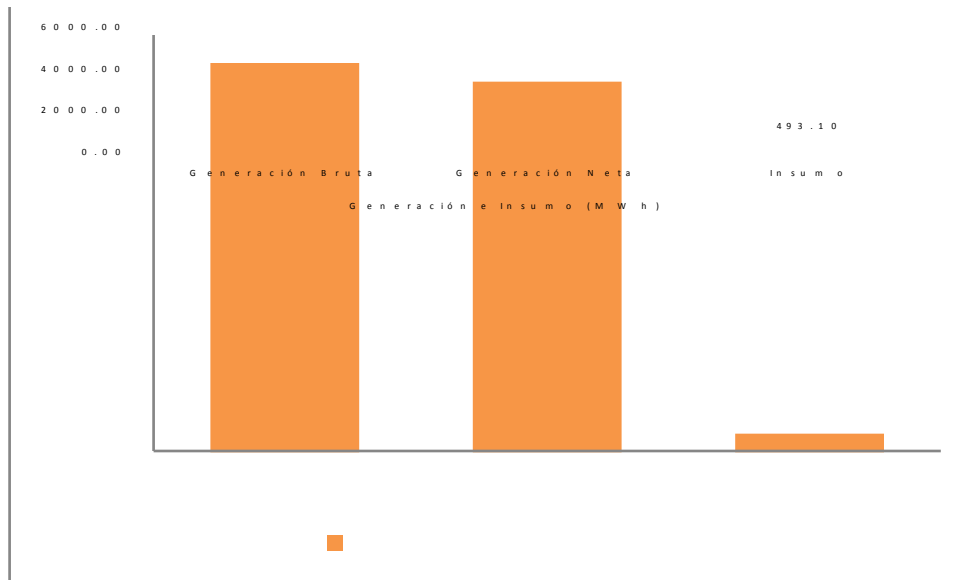


Figura 3.3: Gráfico de barras de la Generación e Insumo anual. Fuente: Elaboración Propia.

3.4.1.2 Análisis del flujo de materiales (flujo de producción).

Se trata en este paso determinar la secuencia en que ocurren las diferentes operaciones del proceso. Se muestra el diagrama de flujo productivo de la central eléctrica en la Figura 3.4 donde se describen solamente los movimientos productivos, por esta razón solo se muestran los elementos que intervienen en el proceso de generación de energía eléctrica, los restantes, como son los objetos de obra, dígame socio-administrativo, garita de control, almacenes o cualquier otra obra de construcción civil que no forman parte del proceso de generación serán analizados en epígrafes posteriores.

De este diagrama no se desprende el plan general de la central eléctrica pero sin dudas proporciona un punto de partida relevante para su planteamiento.

Capítulo III: “Propuesta de Microlocalización y Plan General de la Central Eléctrica”.

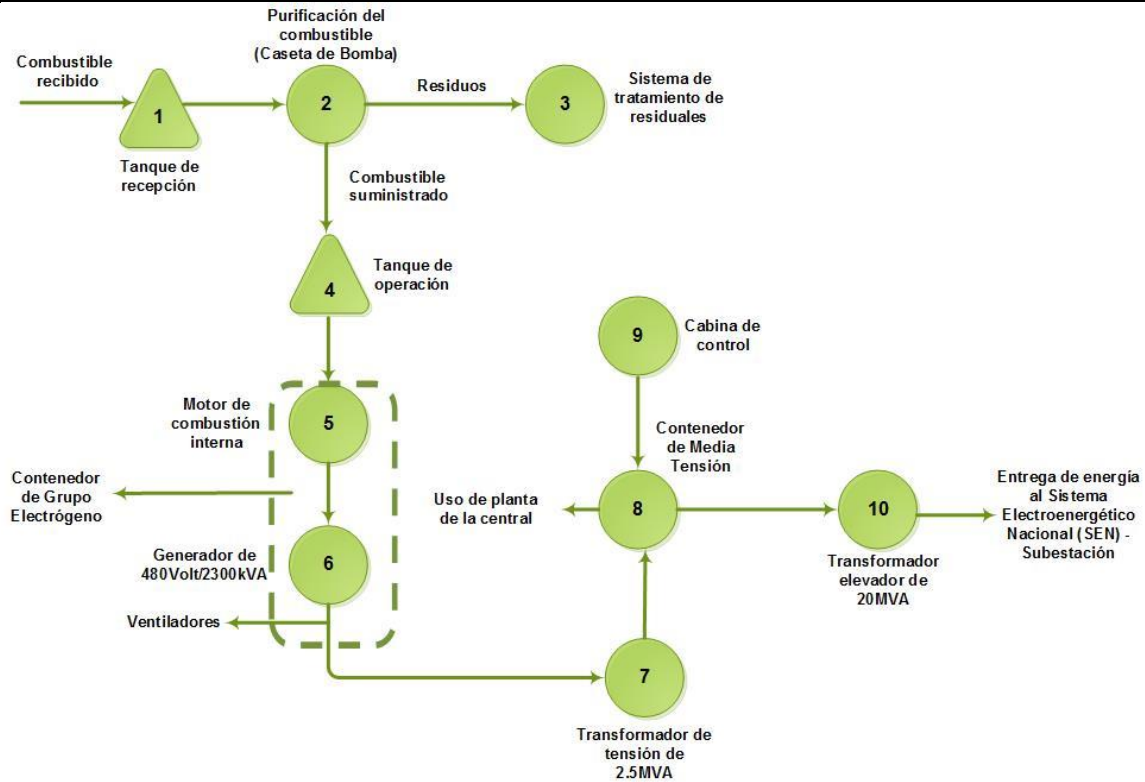


Figura 3.4: Diagrama de flujo del proceso de generación de energía eléctrica de la central eléctrica de grupos electrógenos. Fuente: Elaboración propia.

3.4.1.3 Análisis de las relaciones entre actividades.

Conocido el flujo de producción, debe plantearse el tipo y la intensidad de las interacciones existentes entre las diferentes actividades productivas, los medios auxiliares, los sistemas de manipulación y los diferentes servicios de la instalación. Estas relaciones no se limitan a la circulación de materiales, pudiendo ser ésta irrelevante o incluso inexistente entre determinadas actividades. La no existencia de flujo de materiales entre dos actividades no implica que no puedan existir otro tipo de relaciones que determinen, por ejemplo, la necesidad de proximidad entre ellas; o que las características de determinado proceso requieran una determinada posición en relación a determinado servicio auxiliar. El flujo de materiales es solamente una de las razones para la proximidad de ciertas operaciones unas con otras.

Entre otros aspectos, se debe considerar en esta etapa las exigencias constructivas, ambientales, de Higiene y Seguridad en el Trabajo, los sistemas de manipulación necesarios, el abastecimiento de energía y el almacenaje transitorio y externalización de

Capítulo III: “Propuesta de Microlocalización y Plan General de la Central Eléctrica”.

residuos y desperdicios, la organización de la mano de obra, los sistemas de control de los procesos, los sistemas de información, etc.

Esta información resulta de vital importancia para poder integrar los medios auxiliares de producción en la distribución de una manera racional.

Para poder representar las relaciones encontradas/definidas/existentes de una manera lógica y que permita clasificar la intensidad de dichas relaciones, se debe expresar primeramente las necesidades de proximidad mediante un código de letras como se observa en la Tabla 3.7:

Tabla 3.7: Códigos para valores de proximidad entre las áreas. **Fuente:** Elaboración propia.

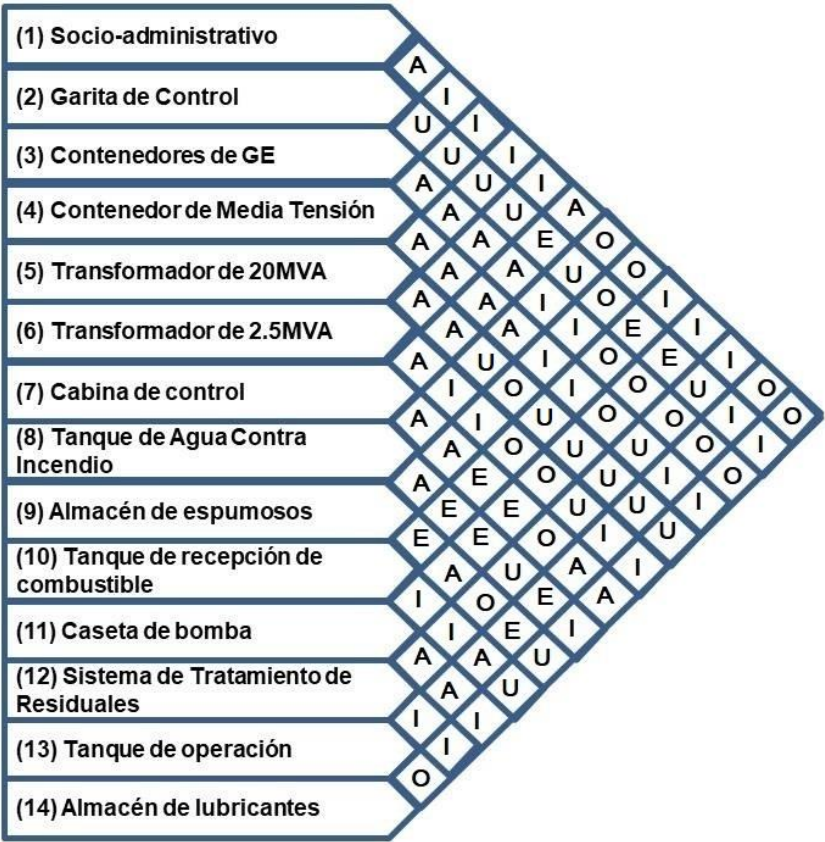
Valor	Relación de proximidad	Código de líneas
A	Absolutamente necesaria	-----
E	Especialmente importante	-----
I	Importante	-----
O	Importancia ordinaria	-----
U	No importante	
X	Indeseable	-----

En la tabla anterior se muestra la relación de proximidad siguiendo una escala que decrece con el orden de las cinco vocales, donde cada una de ellas se representa además con una línea de color diferente.

A partir de la los códigos de relación de proximidad se emplea la tabla relacional de actividades que se muestra en la Tabla 3.8.

Capítulo III: “Propuesta de Microlocalización y Plan General de la Central Eléctrica”.

Tabla 3.8: Tabla relacional de actividades. Fuente: Elaboración propia.



La tabla anterior muestra un diagrama de doble entrada, en el que quedan plasmadas las necesidades de proximidad entre cada actividad y las restantes según los factores de proximidad definidos en la tabla 3.7 a tal efecto. En ella se aprecia la relación que existe entre el 100% de todos los elementos que intervienen en la central eléctrica, dígase objetos de obra o elementos que intervienen en el proceso.

3.4.1.4 Desarrollo del diagrama relacional de recorridos y actividades.

La información obtenida hasta el momento, referente tanto a las relaciones entre los recorridos y actividades como a la importancia relativa de la proximidad entre ellas, es recogida y volcada en un diagrama relacional de actividades, el cual recoge la ordenación topológica de las actividades en base a la información de la que se dispone.

De tal forma, en dicho diagrama los departamentos que deben acoger las actividades son adimensionales y no poseen una forma definida. Es un gráfico simple en el que las actividades son representadas por nodos unidos por líneas. Estas últimas representan

Capítulo III: “Propuesta de Microlocalización y Plan General de la Central Eléctrica”.

la intensidad de la relación (A, E, I, O, U y X) entre las actividades unidas a partir del código de líneas que quedó antes detallado en la Tabla 3.7.

A continuación este diagrama se va ajustando a prueba y error, lo cual debe realizarse de manera tal que se minimice el número de cruces entre las líneas que representan las relaciones entre las actividades, o por lo menos entre aquellas que representen una mayor intensidad relacional. De esta forma, se trata de conseguir distribuciones, que en las áreas o puestos de trabajo que mayor flujo de movimientos presenten, estén lo más próximas posible, dando cumplimiento a los principios de distribución en planta de la mínima distancia recorrida y de flujo de materiales o de la circulación y cumpliendo además con las distancias mínimas por norma establecidas en el Capítulo 2 en la Figura 2.7.

Quedando conformado el diagrama relacional de recorridos y actividades como se muestra en la figura 3.5:

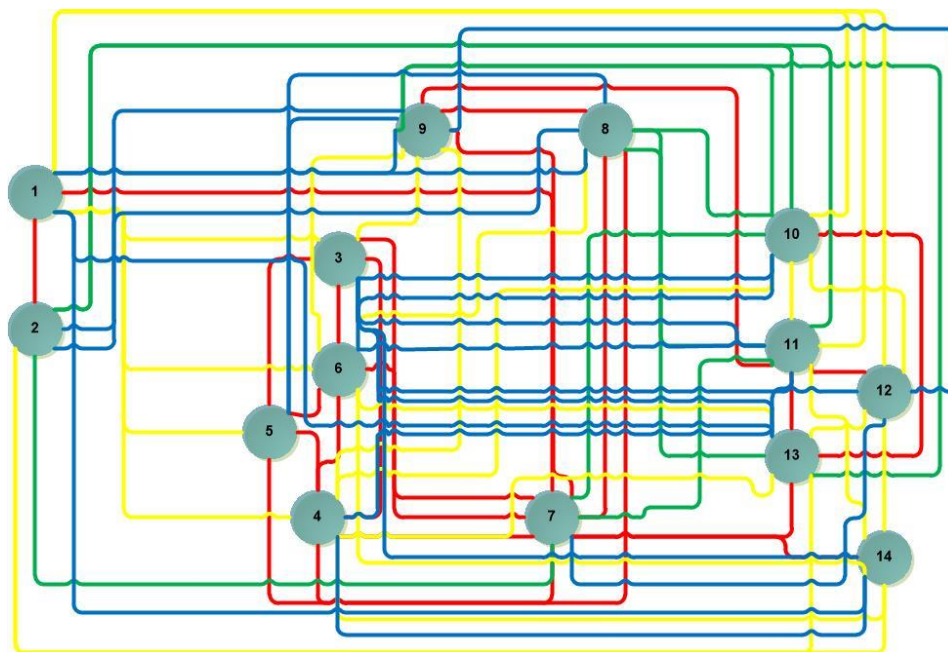


Figura 3.5: Diagrama relacional de recorridos y actividades. Fuente: Elaboración propia.

3.4.1.5 Diagrama relacional de espacios.

Luego de haber analizado la relación de los recorridos y las actividades se procede a analizar la relación entre los espacios que deben existir entre cada elemento que conforma la instalación, para ello se realiza un diagrama relacional de espacio el cual se

Capítulo III: “Propuesta de Microlocalización y Plan General de la Central Eléctrica”.

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

Con el objetivo de realizar el diagrama relacional de espacios se tuvo en cuenta el espacio necesario para la ubicación de todo el equipamiento y otras obras civiles en correspondencia con el área disponible con que cuenta la futura central eléctrica, ver Tabla 3.9.

Tabla 3.9: Relación entre el espacio necesario y el espacio disponible en la Central Eléctrica. **Fuente:**

Elaboración Propia.

Relación de espacio necesario - espacio disponible	U / M (m ²)
Área disponible total de la central eléctrica	10000
Área necesaria para equipamiento	1334.4
Área necesaria para obras civiles	915
Área necesaria según distancia entre objetos y equipos	3690.6
Área libre	4060

Como se aprecia en la tabla anterior, la central eléctrica dispone del espacio necesario para llevar a cabo dicha distribución del equipamiento y demás obras civiles antes mencionados y por tanto la propuesta de plan general que resultará del estudio realizado.

A partir de la información de las áreas necesarias dentro de la total disponible, el diagrama relacional de recorridos y actividades y teniendo en cuenta, a su vez, las distancias mínimas establecidas por norma que deben existir entre todos los elementos que conforman la central eléctrica, se muestra en la Figura 3.6 las distancias propuestas entre equipamiento y construcciones civiles necesarias para el correcto funcionamiento de dicha central eléctrica. Estas distancias serán inviolables en la ejecución del plan general.

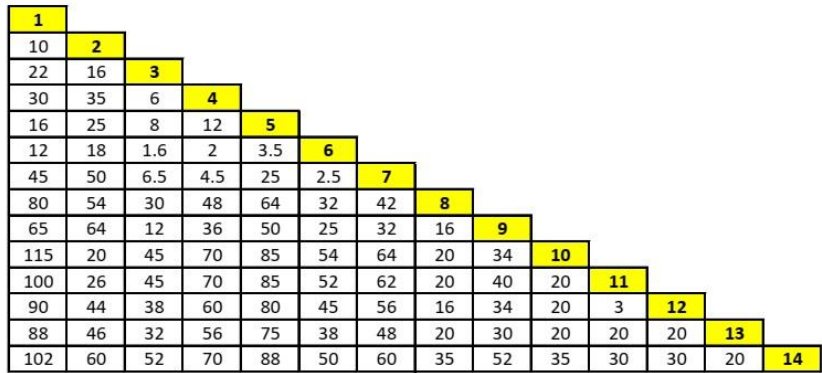


Figura 3.6: Distancias reales entre equipamiento y objetos civiles de la Central Eléctrica. **Fuente:**

Elaboración Propia.

3.5 Propuesta de plan general para la central eléctrica.

Con la información incluida en la figura anterior y luego de todo el análisis realizado se está en disposición de construir el plan general. Se trata de transformar el diagrama ideal en una distribución real, considerando todos los factores condicionantes y limitaciones prácticas que afectan al problema.

Entre estos elementos se pueden citar características constructivas de los edificios, orientación de los mismos, usos del suelo en las áreas colindantes a la que es objeto de estudio, equipos de manipulación de materiales, disponibilidad insuficiente de recursos financieros, vigilancia, seguridad del personal y los equipos, turnos de trabajo con una distribución que necesite instalaciones extras para su implantación.

Atendiendo todos estos aspectos analizados se llega a la propuesta de plan general para la central eléctrica de grupos electrógenos diesel en el Municipio Cumanayagua la cual se muestra en la Figura 3.7.

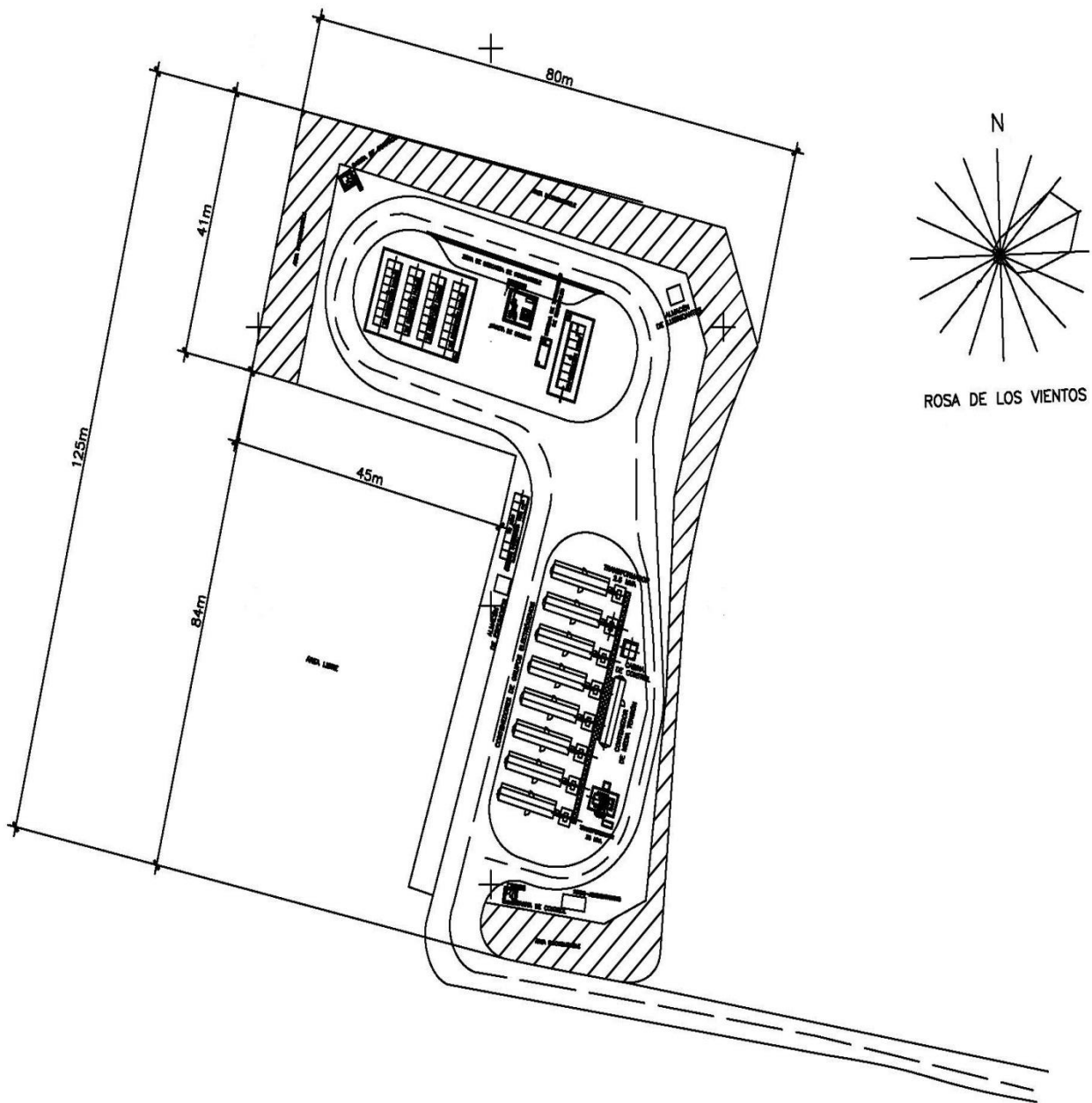


Figura 3.7: Propuesta de Plan General de la Central Eléctrica de Grupos Electrógenos Diesel en Cumanayagua. Fuente: Elaboración propia.

Capítulo III: “Propuesta de Microlocalización y Plan General de la Central Eléctrica”.

3.6 Ventajas que aporta el proyecto.

Desde el punto de vista energético:

- ✓ Tiene un impacto importante en la independencia energética de la zona que es muy influyente en los servicios de primera necesidad, como son, el abasto de agua a más del 50% de la capital provincial, donde además se concentran las principales industrias, la zona portuaria y el mayor grupo poblacional así como gran parte de las infraestructuras provinciales.
- ✓ Le da cobertura mucho más estable a la industria láctea que abastece las provincias centrales en un alto por ciento, así como plantas beneficiadoras de café y los regadíos de las empresas pecuarias y citrícolas.
- ✓ Todo esto determinado por el crecimiento en más de seis veces de la potencia instalada y la calidad de la nueva central que a diferencia de la antigua cubre la demanda actual y el crecimiento por cinco años (potencia instalada de la central anterior – 3.62 MW , potencia a instalar en la central propuesta – 15 MW)

Desde el punto de vista del medio ambiente:

- ✓ Se logra eliminar en un 90% la afectación de la contaminación ambiental (ruido y residuales), mover hacia otra ubicación la instalación y además aumentar la distancia hacia la cuenca hidráulica natural lo que favorece a la disminución del riesgo de contaminación por vertimientos de los desechos.

En este último aspecto al cambiar el alcance y tipo de tecnología se hace más riguroso el sistema de tratamiento a los residuales.

Desde el punto de vista social:

- ✓ Garantiza que la zona pueda contar con un nivel de estabilidad en ese servicio tan importante que en las condiciones anteriores no era posible ya que la tecnología instalada no tenía independencia (trabajar aislada) en caso de afectación del sistema que depende hoy de la Subestación de La Moza en Santa Clara.

Capítulo III: “Propuesta de Microlocalización y Plan General de la Central Eléctrica”.

3.7 Conclusiones del capítulo.

1. Se identifican los factores de microlocalización para la ubicación de la Central Eléctrica de Grupos Electrógenos en el Municipio Cumanayagua a través de la aplicación del método de expertos.
2. La propuesta de microlocalización de las analizadas es la Variante 2, ubicada en áreas aledañas a la Vaquería 18 de la Unidad Básica de Producción “El Tabloncito” que se encuentra al este y próxima a la vaquería 19.
3. El análisis realizado del área disponible en la microlocalización seleccionada, arrojó que permite realizar una adecuada distribución espacial de los equipos y demás obras constructivas que formarán parte la Central Eléctrica.
4. Con la aplicación del método de SLP se realiza la propuesta de plan general de la Central Eléctrica de Grupos Electrógenos Diesel en el municipio de Cumanayagua.

Conclusiones



CONCLUSIONES

1. Se analizaron conceptos fundamentales, así como diversas metodologías y procedimientos que proporcionan criterios para la toma de decisiones.
2. La caracterización de la Empresa Geysel y la UEB de Cienfuegos permitió conocer sus procesos y describir el proceso objeto de estudio de la presente investigación.
3. Se realiza una descripción de los aspectos necesarios a tener en cuenta para el desarrollo de una inversión según la legislación vigente, así como también quedaron establecidas las distancias mínimas y las propuestas entre equipamientos y otros objetos de obra.
4. A través de los métodos de la Media Geométrica y SLP se obtiene como alternativa óptima, la Variante 2 para proponer la microlocalización y plan general de la central eléctrica de grupos electrógenos diesel la cual reúne los requisitos de los factores empleados para su utilización.

Recomendaciones



RECOMENDACIONES

1. Utilizar métodos de localización para la ubicación de centrales eléctricas de grupos electrógenos diesel que pertenecen a la Empresa Geysel.

Bibliografía



BIBLIOGRAFÍA

- Agencia de Marketing. (2017). *¿Cómo funciona y se usa correctamente un generador o grupo electrógeno?* [Mensaje en un blog]. Recuperado de: <https://www.demaguinasyherramientas.com/herramientas-electricas-y-accesorios/como-funciona-grupo-electrogeno-o-generador>
- Aguilera Sernadez, O. M. (2018). *Repositorio Institucional: Localización y Distribución en Planta*. Recuperado de: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/10596/5673/1/localizacionydistr-140519195915-phpapp01.pdf>
- Avendaño Díaz, S. (2016). *SlideShare: Conceptualización y localización de instalaciones*. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/stephanyavendano/1conceptualizacin-y-localizacin-de-instalaciones-62963189>
- Barragan Díaz, J. M., & Cucaita Urbina, C. A. (2010). *Localización y distribución de instalaciones industriales en industrias*. (Tesis de pregrado) Universidad Libre de Colombia, Bogotá. Recuperado de: <https://repository.unilibre.edu.co/bitstream/handle/10901/9047/1.%20Documento%20final.pdf?sequence=1>
- Barrios, L. M. (2011). *Fisonomía de la localización industrial y de la distribución de planta*. Recuperado de: <http://servicio.bc.uc.edu.ve/ingenieria/revista/IngenieriaYSociedad/a6n1/art6.pdf>
- Calvo Saéz, J. A. (2016). *Manual básico de seguridad en instalaciones eléctricas de baja tensión*. Canarias. España. Recuperado de: https://www.diba.cat/documents/467843/118493136/manual_instalaciones_electricas_web.pdf/5a1f0c34-8aae-4f96-a05b-489d7a295852
- Casadiego, C. A., Quiñonez, J. C., Jair Rivera, E., Villamizar, J. E., & Luna Castro, M. (2013). *Estudio de macrolocalización y microlocalización de una planta dedicada a la elaboración de productos a base de una arcilla en el Departamento Norte de Santander*. (Tesis de pregrado). Universidad Francisco de Paula Santander, San José de Cucuta. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/casadres/segunda->

[entrega-distribucion-planta](#)

Cervera Paz, Á. (2008). *Universidad De Cádiz: Tema 9: Las Decisiones de Localización*.

Recuperado de:

https://ocw.uca.es/pluginfile.php/184/modresource/content/1/transparencias_TEMA_09.pdf

Consejo de Ministros. (2014). *Decreto No. 327/2014. Gaceta Oficial de la República de Cuba*. La Habana, Cuba.

Cortabarría, I. (2013). *Localización de Plantas Industriales: importancia y ventajas de una buena localización de planta*. Recuperado de:

<http://induslocaplan.blogspot.com/2013/09/importancia-y-ventajas-de-una-buena.html>

Departamento de Organización de Empresas, E.F. y C. (2014). Tema 4: Distribución en planta. En *Diseño de Sistemas Productivos y Logísticos*, pp. 1-29. Recuperado de:

<http://personales.upv.es/jpgarcia/linkedddocuments/4%20distribucion%20en%20planta.pdf>

Departamento de Organización de Empresas, E.F. y C. (2014). Tema 5: Localización instalaciones. En *Diseño de Sistemas Productivos y Logísticos*, pp. 1-24.

Recuperado de:

<http://personales.upv.es/jpgarcia/linkedddocuments/5%20localizacion%20instalaciones.pdf>

Facultad Regional Rosario: *Manual de Proyecto de Plantas – Integración V – Ing.*

Química. (2019). Recuperado de:

<https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/quimica/5anio/integracion5/seccion2.pdf>

Definiciona. (2019). *Consultante*. Recuperado de: <https://definiciona.com/consultante/>

Design Standards. (2014). *BN-DS-C69 Minimum spacing for refineries and*

petrochemical plants. Recuperado de: <https://www.red-bag.com/design-standards/358-bn-ds-c69-minimum-spacing-for-refineries-and-petrochemical-plants.html>

Bibliografía

- Domínguez Machuca, J. A. (1995). *Dirección de Operaciones*. Madrid, España: McGraw-Hill.
- Domínguez Machuca, J. A., García González, S., Domínguez Machuca, M. A., Ruiz Jiménez, A., & Álvarez Gil, M. J. (1995). *Dirección de Operaciones: Aspectos tácticos y operativos en la producción y los servicios*. Madrid, España: McGraw Hill.
- GAMMA - Tecnología y Medio Ambiente. (2014). *SGestMan: Generación Distribuida Cubana*. Recuperado de: <http://www.sgestman.cu/es/node/70>
- García, F. A. (2004). *Web del Profesor: Apuntes sobre Localización de Instalaciones*. Recuperado de: <http://webdelprofesor.ula.ve/economia/gsfran/Asignaturas/Produccion/LOCALIZACIONdeINSTALACIONES.pdf>
- García Sutil, J. R. (2013). *SlideShare: Factores de localización*. Universidad Fermín Toro, Venezuela. Recuperado de: <https://es.slideshare.net/jricardog/factores-de-localizacion>
- Gardey, A., & Pérez Porto, J. (2014). *Definición.de*. Recuperado de: <https://definicion.de/rector/>
- Giralt, J. (2019). La importancia de la localización. *C4T. Tourism Business & Planning*, (1), pp. 1-2. Recuperado de: http://www.c4tourism.com/files/noticias/19_pdf_es.pdf
- González Gómez, D., & Carro Paz, R. (2012). *Nulan. Portal de Promoción y Difusión Pública del Conocimiento Académico y Científico: Localización de instalaciones*. Recuperado de: http://nulan.mdp.edu.ar/1619/1/14_localizacion_instalaciones.pdf
- González, L. (2013). *Prezi: Antecedes, Historia y Evolución del Diseño de Plantas Industriales*. *Diseño de plantas industriales*. Recuperado de: <https://prezi.com/apsxtdqvh4mh/antecedes-historia-y-evolucion-del-diseno-de-plantas-industriales-unad-diseno-de-plantas-industriales/>
- Krajewski, L., & Ritzman, L. (2000). *Administración de Operaciones. Estrategia y Análisis*. México: Pearson Educación.

Bibliografía

León, G. (2008). *Localización y distribución de planta: Un enfoque moderno*.

Recuperado de:

<http://uat.gustavoleon.com.mx/Unidad%201A%20Introduccion.pdf>

Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución para el Período 2016-2021. La Habana, Cuba.

Localización. (2019). Recuperado de: <https://definicion.mx/localizacion/>

Lundy, J. (2018). *Administración del Proceso de Producción*. Recuperado de:

<http://admondelprocesodeproduccion.blogspot.com/2018/05/distribucion-en-planta.html>

Máñez, R., & Caravaca, I. (2003). Trayectorias industriales metropolitanas: nuevos procesos, nuevos contrastes. *Revista EURE*, XXIX (87), pp. 37-50.

Manrique, R. (1974). Localización industrial y proceso de urbanización en Colombia.

Revista EURE, XXIX (50), pp. 79-103. Recuperado de:

<http://mail.eure.cl/index.php/eure/article/viewFile/857/708>

Martínez Carbajal, A. (2004). *Planeación estratégica de la planta*. (Tesis de maestría).

Universidad Autónoma de Nuevo León, San Nicolás de los Garza, N. L.

Recuperado de: <http://eprints.uanl.mx/1513/1/1020146704.PDF>

Martínez Illescas, S. P. (2013). *GestioPolis: Distribución de las instalaciones y*

capacidad productiva en la empresa. Recuperado de:

<https://www.gestipolis.com/distribucion-de-las-instalaciones-y-capacidad-productiva-en-la-empresa/>

Mas, D. (2006). *ResearchGate: Optimización de la distribución en planta de*

instalaciones industriales mediante algoritmos genéticos. Recuperado de:

https://www.researchgate.net/publication/311939744_Optimizacion_de_la_distribucion_en_planta_de_instalaciones_industriales_mediante_algoritmos_geneticos_aportacion_al_control_de_la_geometria_de_las_actividades

Maynard, H. B. (2016). *Casa del libro. Manual de Ingeniería y Organización Industrial (3^a*

Edición). Recuperado de: [https://www.casadelibro.com/libro-manual-de-](https://www.casadelibro.com/libro-manual-de-ingenieria-y-organizacion-industrial-3aa-edicion/9788429128000/4786496)

[ingenieria-y-organizacion-industrial-3aa-edicion/9788429128000/4786496](https://www.casadelibro.com/libro-manual-de-ingenieria-y-organizacion-industrial-3aa-edicion/9788429128000/4786496)

Medrano Vergara, R. (2014). *Slideshare: Proyectos de inversión - Estudio de*

- localización. Recuperado de: <https://www.slideshare.net/GonzaloMurria/proy-3raslocalizacion>
- Mejía, H., Wilches, M. J., Galofre, M., & Montenegro, Y. (2011). Aplicación de metodologías de distribución de plantas para la configuración de un centro de distribución. *Scientia et Technica*, XVI (49), pp. 63-68. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4321593.pdf>
- Mena, J. (2017). *Métodos de evaluación por factores no cuantificables: Apuntes de preparación y evaluación de proyectos*. Recuperado de: <http://proyectos.ingenotas.com/2012/09/metodos-de-evaluacion-por-factores-no.html>
- Molina, A. (2019). *Academia: Las Decisiones de Localización: sus causas y sus tipos*. Recuperado de: https://www.academia.edu/23894982/LAS_DECISIONES_DE_LOCALIZACION%20C3%93N_SUS_CAUSAS_Y_SUS_TIPOS
- Muther, R. (1968). *Systematic Layout Planning (SLP)*. Recuperado de: <http://www.fernandezantonio.com.ar/Documentos/SLP%20para%20Distribucion%20en%20Planta%202017.pdf>
- Muther, R. (1970). *Distribución en planta*. Barcelona, España: Editorial Hispano Europea. Recuperado de: <http://hpcinc.com/wp-content/uploads/2016/07/Spanish-PPL.pdf>
- NC: 26/2012. *Ruido en Zonas Habitables. Requisitos Higiénicos Sanitarios*.
- NC 39.1999. *Calidad del Aire. Requisitos higiénico- sanitarios*.
- NC: 96-02-18. *Base de almacenamiento de petróleo y sus derivados*.
- NC: 1020:2014. *Calidad del aire – contaminantes – concentraciones máximas admisibles y valores guías en zonas habitables*.
- NC-27/99. *Vertimiento de aguas residuales a las aguas terrestres y al alcantarillado*.
- Pedraza Rendón, O. H. (1995). Localización de Facilidades Industriales. *Dialnet - Universidad de La Rioja*. XVII (30), pp. 1-29. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5498608.pdf>

Bibliografía

- Pedrozo Rago, J. C. (27 de junio de 2018). Introducción a la Distribución en Planta [Mensaje en un blog]. Recuperado de:
<http://ingenieriafacilonline.blogspot.com/2018/06/introduccion-la-distribucion-en-planta.html>
- Peña Apiau, G. (22 de marzo de 2019). La generación eléctrica distribuida a partir de grupos electrógenos en Las Tunas [Mensaje en un blog]. Recuperado de:
<http://www.visiontunera.icrt.cu/news/la-generacion-electrica-distribuida-a-partir-grupos-electrogenos-las-tunas/>
- Principios generales de la ingeniería básica para la proyección de los emplazamientos de grupos electrógenos en baterías modelo MTU.* (2005). La Habana, Cuba.
- Quintero Ibañez, A. C., & Henao, D. Y. (2012). *Importancia del Diseño de Distribución en Planta - Diseño Plantas*. Recuperado de:
<https://sites.google.com/site/disenoplantasgrupo25659625/importancia-del-diseño-de-distribución-en-planta-1>
- Quispe Suasaca, L., Carlos Donaires, S., & Huamani Pardo, K. (2016). *Monografías.com: Distribución de planta*. Recuperado de:
<https://www.monografias.com/trabajos109/distribucion-de-planta/distribucion-de-planta.shtml>
- Ramírez, J. C. (1999). Los nuevos factores de localización industrial en México. La experiencia de los complejos automotrices de exportación en el norte. En *Los nuevos factores de localización industrial* (pp. 105-145). México. Recuperado de:
https://www.researchgate.net/profile/Jose_Carlos_Ramirez/publication/227428784_Los_nuevos_factores_de_localizacion_industrial_en_Mexico_La_experiencia_de_los_complejos_automotrices_de_exportacion_en_el_norte/links/00b4952c2b7c6bfc55000000.pdf
- Redacción OnCuba. (2 de marzo de 2018). Cuba construye su mayor central de grupos electrógenos [Mensaje en un blog]. Recuperado de:
<https://oncubanews.com/noticia/cuba-construye-mayor-central-grupos-electrogenos/>

Bibliografía

Rendón Barragán, F. (2012). *Métodos para planificar la distribución de planta*.

Recuperado de:

<http://roa.uveg.edu.mx/repositorio/licenciatura/234/Mtodo%20para%20la%20distribucion%20de%20planta.pdf>

Reyes Madrigal, D. A. (2009). Análisis de la toma de decisiones para la localización empresarial en la frontera noreste de México. Percepción de los ejecutivos sobre los factores determinantes que marcan una ventaja competitiva del lugar. *Comercio, Administración y Ciencias Sociales Laredo, UAT, Centro Universitario Laredo*, 3(4), pp. 62-66. Recuperado de:

<http://www.revistaciencia.uat.edu.mx/index.php/CienciaUAT/article/download/375/185>

Roa, A. (2013). *SlideShare: Localización de plantas*. Recuperado de:

<https://es.slideshare.net/erikalexroa/localizacion-de-plantas>

Rodríguez Aponte, Y. L. (2019). *Exposición Método Electra*. Recuperado de:

<https://es.scribd.com/doc/91075873/Exposicion-Metodo-Electra>

Rodríguez Pérez, H. (2009). *Tablas y resúmenes estadísticos*. La Habana, Cuba: Félix Varela.

Roldan, R. (16 de mayo de 2012). Soluciones Integrales: Grupos Electrógenos. Lo que hay que saber [Mensaje en un blog]. Recuperado de:

<http://estudiorubenroldan.blogspot.com/2012/05/grupos-electrogenos-lo-que-hay-que.html>

Ruiz Godoy, A. M. (2015). *Diseño curricular de la asignatura Distribución en Planta para el modelo pedagógico presencial del Plan de estudios D* (Tesis de pregrado). Universidad Cienfuegos Sede "Carlos Rafael Rodríguez", Cienfuegos. Cuba.

Saavedra López, C. (2019). *Apuntes de Clases 5: Localización de Planta II*. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/279315191/localizacion-de-planta-pdf>

Salas Bacalla, J. (2008). Tipos básicos de distribución de planta. *Facultad de Ingeniería Industrial*. Recuperado de:

http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/indata/v01_n2/tipos.htm

Bibliografía

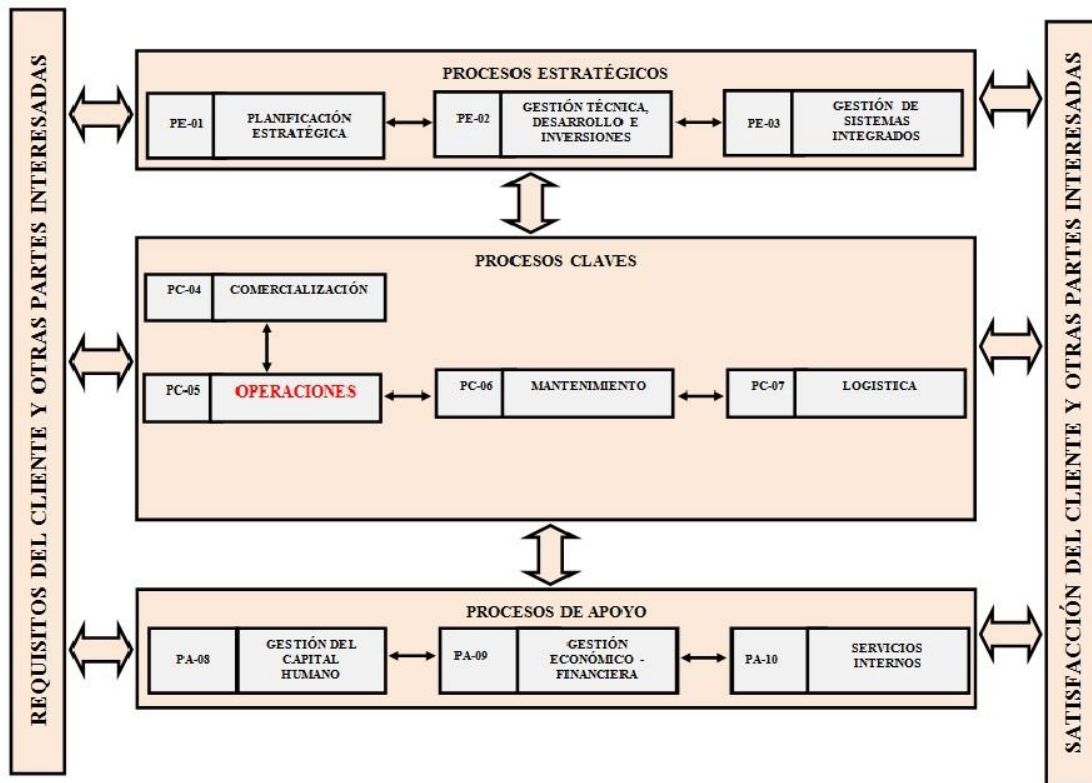
- Santiago Colicigno, J. L., & Maximiliano Yablonski, E. C. (2011). *Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata: Grupos Electrógenos*. Recuperado de: https://www.ing.unlp.edu.ar/catedras/M0639/descargar.php?secc=0&id=M0639&id_inc=2915
- Santos, J. R. (20 de noviembre de 2014). Grupos eléctricos [Mensaje en un blog]. Recuperado a partir de <http://foresightcuba.com/grupos-electricos/>
- The Free Dictionary by Farlex. (2013). *Organismo*. Recuperado de: <https://es.thefreedictionary.com/organismo>
- Vega, D. A. S. la, Vidal-Vieira, J. G., & Vitor-Toso, E. A. (2014). Methodology for distribution centers location through multicriteria analysis and optimization. *DYNA*, 81(184), pp. 28-35.
- Vera Martínez, Y. J. (2006). *Diagnóstico de la distribución de las plantas de una empresa dedicada a la elaboración de chocolates y galletas*. (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil, Ecuador. Recuperado de: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6111/3/Tesis%20-%20Ing.%20Yamil%20Javier%20Vera%20Mart%C3%ADnez.pdf>
- Vergagni, G. (2006). *Factores a considerar al definir la localización de una planta*. Recuperado de: <http://www.mazar.org.ar/vertext.php?id=225>
- Zalazar López, B. (2016a). *Diseño y Distribución en Planta*. Recuperado de: <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/dise%C3%B1o-y-distribuci%C3%B3n-en-planta/>
- Zalazar López, B. (2016b). *Métodos de Localización de Planta - Ingeniería Industrial*. Recuperado de: <https://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/>

Anexos



ANEXOS

Anexo 1. Mapa de Procesos UEB Geysel Cienfuegos. Fuente: Departamento de Organización y Sistemas UEB Geysel Cienfuegos.



A n e x o 2. Cuestionario del coeficiente de competencia de expertos. Fuente:

Elaboración Propia.



Calle 12 NE # 8104 e/ 81 y 83
Reperto Tulpán, Cienfuegos

Cuestionario #1

Determinación del coeficiente de competencia de los expertos.

Estimado Especialista:

Usted ha sido seleccionado como posible experto para ser consultado respecto a la ***“Propuesta de microlocalización de la Central Eléctrica de Grupos Electrógenos Diesel en el municipio Cumanayagua perteneciente a la UEB Geysel de Cienfuegos”***.

Antes realizarle la consulta como parte del método empírico de investigación: “consulta a expertos” resulta necesario determinar su coeficiente de competencia en este tema en aras de fortalecer la validez del resultado a obtener. Por otra razón se le solicita que responda las siguientes preguntas con la mayor sinceridad que le sea posible.

Gracias

Atentamente, Dailyn Pérez Almeida.

DATOS GENERALES DE INTERÉS

Nacionalidad: _____

Años de experiencia: Menos de 2 ____ De 2 a 5 ____ De 5 a 10 ____ Más de 10 ____

Edad: Menor de 20 años: ____ De 20 a 30 años: ____ De 30 a 40 años: ____ Más de 40 años: ____

Cuestionario de preguntas:

1. Marque con una cruz (x), en una escala creciente de 1 a 10, el valor que se corresponde con el nivel de conocimiento e información que usted tiene sobre la microlocalización de centrales eléctrica de grupos electrógenos.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

2. Según la tabla siguiente, realice una autoevaluación de sus niveles de argumentación sobre el tema objeto de investigación.

Fuentes de argumentación	Alto	Medio	Bajo
Fundamentaciones o análisis teóricos realizados por usted.			
Su experiencia en el funcionamiento de centrales eléctricas de grupos electrógenos.			
Conocimiento propio del estado del tema o el problema.			



A n e x o 3. Cuestionario para la determinación de los factores de microlocalización para la ubicación de la Central Eléctrica de Grupos Electrónicos en el Municipio Cumanayagua. **F u e n t e:** Elaboración Propia.



Calle 12 NE # 8104 e/ 81 y 83
Reperto Tulipán, Cienfuegos

Cuestionario #2

Determinación de los factores de microlocalización para la ubicación de la Central Eléctrica de Grupos Electrónicos en el Municipio Cumanayagua.

Estimado Especialista:

Se lleva a cabo una investigación con el objetivo de obtener la microlocalización y plan general factible de una nueva **Central Eléctrica de Grupos Electrónicos en el Municipio Cumanayagua** y que a su vez permita erradicar problemas que acontecieron durante la existencia de la antigua Central Eléctrica "El Tablón", por ello se le solicita que exponga, según su nivel de conocimiento y consideraciones, los factores que crea usted sean los más notables teniendo en cuenta los criterios siguientes:

No.	Criterios	Factores que usted propone a tener en cuenta
1	Costos	
2	Materias Primas	
3	Mano de Obra	
4	Ambientales	
5	Terreno	
6	Energía	
7	Seguridad	
8	Transporte	
9	Sistemas Hidráulicos	
10	Terreno	



A n e x o 4. Cuestionario para la determinación del nivel de importancia de cada uno de los factores de microlocalización para la ubicación de la Central Eléctrica de Grupos Electrónicos en el Municipio Cumanayagua. **F u e n t e:** Elaboración Propia.



Calle 12 NE # 8104 e/ 81 y 83
Reparto Tulipán, Cienfuegos

Cuestionario #3

Determinación del nivel de importancia de cada uno de los factores de microlocalización para la ubicación de la Central Eléctrica de Grupos Electrónicos en el Municipio Cumanayagua.

Estimado Especialista:

Para la elección definitiva de la **microlocalización de la Central Eléctrica de Grupos Electrónicos en el Municipio Cumanayagua** partiendo de las dos variantes propuestas, se le solicita que asigne a cada uno de los siguientes factores el nivel de importancia que usted considere, para ello tenga en cuenta la escala siguiente:

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

No.	Factores	Nivel de importancia
1	Seguridad del lugar.	
2	Costo de construcción de la instalación.	
3	Posibilidad de orientar adecuadamente los grupos en el terreno y de ampliación en el futuro.	
4	Afectaciones al Medio Ambiente.	
5	Facilidad de acceso a la instalación.	
6	Facilidad de conexión al Sistema Electroenergético Nacional.	
7	Sistemas Hidráulicos disponibles.	
8	Disponibilidad de fuerza de trabajo calificada en el municipio.	
9	Disponibilidad del terreno.	
10	Existencia de población próxima a la zona.	



A nex o 5. C á l c u l o s d e l a d ó c i m a n o p a r a m é t r i c a d e K e n d a l l (W).

C á l c u l o d e l C o e f i c i e n t e d e

K e n d a l l W :

$$W = \frac{12S}{k^2(n^3 - n) - k \sum T_i}$$

$$W = \frac{12 * 250.90}{7^2(10^3 - 10) - 7(82)}$$

$$W = \frac{3010.8}{49(1000 - 10) - 574}$$

$$W = \frac{3010.8}{49(1000 - 10) - 574}$$

$$W = \frac{3010.8}{47936}$$

$$W = 0.062$$

C á l c u l o d e l a s l i g a d u r a s :

$$T_j = \frac{\sum (t^3 - t)}{12}$$

Experto 1: 3 ligaduras: valor 5 $T_1=3$; valor 4 $T_2=2$; valor 3 $T_3=5$

$$T_1 = \frac{(3^3 - 3) + (2^3 - 2) + (5^3 - 5)}{12}$$

$$T_1 = 12.5$$

Experto 2: 3 ligaduras: valor 5 $T_1=3$; valor 4 $T_2=4$; valor 3 $T_3=3$

$$T_2 = \frac{(3^3 - 3) + (4^3 - 4) + (3^3 - 3)}{12}$$

$$T_2 = 9$$

Experto 3: 4 ligaduras: valor 5 $T_1=2$; valor 4 $T_2=6$; valor 3 $T_3=1$; valor 2 $T_4=1$

$$T_3 = \frac{(2^3 - 2) + (6^3 - 6) + (1^3 - 1) + (1^3 - 1)}{12}$$

$$T_3 = 18$$

Experto 4: 3 ligaduras: valor 5 $T_1=2$; valor 4 $T_2=6$; valor 2 $T_3=2$

$$T_4 = \frac{(2^3 - 2) + (6^3 - 6) + (2^3 - 2)}{12}$$

$$T_4 = 18.5$$

Experto 5: 4 ligaduras: valor 5 $T_1=3$; valor 4 $T_2=4$; valor 3 $T_3=2$; valor 2 $T_4=1$

$$T_5 = \frac{(3^3 - 3) + (4^3 - 4) + (2^3 - 2) + (1^3 - 1)}{12}$$

$$T_5 = 7.5$$

Experto 6: 4 ligaduras: valor 5 $T_1=3$; valor 4 $T_2=4$; valor 3 $T_3=1$; valor 2 $T_4=2$

$$T_6 = \frac{(3^3 - 3) + (4^3 - 4) + (1^3 - 1) + (2^3 - 2)}{12}$$

$$T_6 = 7.5$$

Experto 7: 3 ligaduras: valor 5 $T_1=3$; valor 4 $T_2=3$; valor 3 $T_3=4$

$$T_7 = \frac{(3^3 - 3) + (3^3 - 3) + (4^3 - 4)}{12}$$

$$T_7 = 9$$

$$\sum T_i = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 + T_5 + T_6 + T_7$$

$$\sum T_i = 12.5 + 9 + 18 + 18.5 + 7.5 + 7.5 + 9$$

$$\sum T_i = 82$$

Anexo 6. Tablas distribución Chi – cuadrado (χ^2). **Fuente:** Tablas y resúmenes estadísticos. (Rodríguez Pérez, 2009)

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

A n e x o 7. Cuestionario para la elección de la microlocalización factible para la ubicación de la Central Eléctrica de Grupos Electroógenos en el Municipio Cumanayagua. **F u e n t e :** Elaboración propia.



Calle 12 NE # 8104 e/ 81 y 83
Reperto Tulipán, Cienfuegos

Cuestionario #4

Elección de la microlocalización factible para la ubicación de la Central Eléctrica de Grupos Electroógenos en el Municipio Cumanayagua.

Estimado Especialista:

Se aplica el siguiente cuestionario con el objetivo de elegir una microlocalización factible definitiva partiendo de los criterios emitidos, para ello se le solicita que asigne a cada uno de los factores un peso en una escala del 1 al 10 por cada una de las variantes, teniendo en cuenta su nivel de conocimiento sobre el tema y sus consideraciones:

No.	Factores de microlocalización	Ponderación del factor (%)	Variantes	
			1	2
Factor 4	Afectaciones al Medio Ambiente.	13		
Factor 10	Existencia de población próxima a la zona.	12		
Factor 9	Disponibilidad del terreno.	12		
Factor 6	Facilidad de conexión al Sistema Electroenergético Nacional.	11		
Factor 8	Disponibilidad de fuerza de trabajo calificada en el municipio.	10		
Factor 5	Facilidad de acceso a la instalación.	10		
Factor 2	Costo de construcción de la instalación.	10		
Factor 7	Sistemas Hidráulicos disponibles.	9		
Factor 3	Posibilidad de orientar adecuadamente los grupos en el terreno y de ampliación en el futuro.	7		
Factor 1	Seguridad del lugar.	7		



A n e x o 8. Propuesta del Plan de Generación Anual de la Central Eléctrica de grupos electrógenos diesel de Cumanayagua en su primer año de operación. **F u e n t e :** Departamento de Operaciones de la UEB Geysel de Cienfuegos.

Plan de Generación Anual															
Central Eléctrica	Plan	U/M	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Cumanayagua	Generacion bruta	(MWh)	260,40	470,40	1041,60	1008,00	1041,60	1446,11	1822,80	1302,00	1260,00	1041,60	252,00	260,40	11206,91
	Generacion neta	(MWh)	248,94	449,70	995,77	963,65	995,77	1382,49	1742,60	1244,71	1204,56	995,77	240,91	248,94	10713,81
	Insumo	(MWh)	11,46	20,70	45,83	44,35	45,83	63,63	80,20	57,29	55,44	45,83	11,09	11,46	493,10
	Insumo	(%)	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40	4,40
	Consumo de combustible	(tm.)	56,77	103,02	228,11	220,75	228,11	316,70	399,19	285,14	275,94	228,11	55,19	57,03	2454,05
	Indice de consumo de combustible	(g/kWh)	218,00	219,00	219,00	219,00	219,00	219,00	219,00	219,00	219,00	219,00	219,00	219,00	218,98
	Consumo de aceite	(tm.)	0,72	0,88	1,84	1,56	2,10	1,64	2,45	1,79	1,76	2,10	0,71	1,49	19,07
	Indice de consumo de aceite	(g/kWh)	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78	0,78
	Consumo de refrigerante	(Ltrs)	137,78	248,89	551,11	533,33	551,11	765,14	964,44	688,89	666,67	551,11	133,33	137,78	5929,58
	Indice de consumo de refrigerante	l/MW	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
	Disponibilidad	(%)	73,00	73,00	72,00	72,13	73,00	73,00	73,00	67,00	67,00	73,00	76,00	74,57	72,23
	Disponibilidad Pico	(%)	72,95	72,95	71,90	72,06	72,88	72,95	72,90	66,93	66,93	72,88	75,95	74,44	72,14

