

Ministerio de Educación Superior.  
Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa.  
Dr. “Antonio Núñez Jiménez”  
Facultad Metalurgia –Electromecánica.  
Departamento de Eléctrica.

*Trabajo de Diploma*  
*en opción al Título de*  
*Ingeniero Eléctrico.*

*Título: Análisis del Sistema Eléctrico de*  
*Distribución de la Empresa Mecánica del*  
*Níquel.*

*Autor: Yanisleidys Tamayo Romero*

*Tutor: Ing. Israel Letuse Velázquez*

**Moa - 2010**

**“Año del 52 Aniversario de la Revolución”**





## *Declaración de Autoridad.*

Yo: Yanisleidys Tamayo Romero.

Autor de este Trabajo de Diploma junto con el Ing. Israel Letuse Velásquez certifico su propiedad intelectual a favor del Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa "Dr. Antonio Núñez Jiménez", el cual podrá hacer uso del mismo para fines docentes y educativos.

---

Yanisleidys Tamayo Romero  
(Diplomante)

---

Ing. Israel Letusé Velázquez  
(Tutor)




## *Pensamiento.*

*“Hay una fuerza motriz más poderosa que el vapor, la electricidad y la energía atómica: la voluntad.”*

*Albert Einstein.*





## *Dedicatoria.*

 *A mi madre Ana María Romero Ferrera, mi padre de crianza Carlos A. Leyva Hernández y hermano Osmani Leyva Romero que siempre me dieron su apoyo incondicional durante la época de estudiante y ahora como futura Ingeniera Eléctrica.*


## *Agradecimientos.*

 *A mi madre y padre de crianza y hermano por todo el apoyo que me dieron*

 *A mis tutores Ing. Israel Letuse Velásquez y Tec. José Manuel Dacal Alonso por toda la atención y ayuda que me brindaron durante el desarrollo de este trabajo.*

 *A mi novio Maike!, mis amigas Grethel y Yannis que estuvieron conmigo en cada paso apoyándome.*

 *A los trabajadores de la Empresa Mecánica del Níquel por ofrecerme su ayuda.*

 *A todas las personas que de una forma u otra me dieron su aporte para la realización de este trabajo.*

## *Resumen.*

El trabajo de diploma titulado: “Análisis del sistema de suministro eléctrico de distribución de la Empresa Mecánica del Níquel” Gustavo Machín Goush de Beche consta de (3) capítulos.

En el trabajo se estructuró cuidadosamente la arquitectura teórico – metodológico de la investigación, conociendo la base de los problemas existentes, con la cual se demuestra la inexorable necesidad de la presente investigación, donde llegamos a resultados que pueden ser aplicados en el futuro.

En el mismo aparecen las características del sistema de suministro eléctrico de la Empresa, se describen las instalaciones actuales del objeto de estudio y se determinan las causas negativas que influyen en la mala utilización de la energía.

En el capítulo 1 o marco teórico se aborda principalmente sobre las especificaciones de los distintos componentes para diseñar un sistema de suministro eléctrico. El capítulo 2 describe el diseño eléctrico del sistema de suministro eléctrico general, así como de cada centro de carga y como resultado la propuesta del nuevo monolineal de la empresa. En el capítulo 3 se hace una comparación del consumo de energía eléctrica del esquema de suministro eléctrico anterior con el actual.

## *Summary*

The work of entitled diploma: “Analysis of the system of power supply of distribution of the Company Mechanics of the Nickel” Gustavo Machín Goush de Beche Consta de (3) chapters.

At work was structured carefully the theoretical architecture – methodological of the investigation, knowing the base of the existing problems, with which the inexorable need of the present investigation is demonstrated, where we arrived at results that they can be applied in the future.

In the same one they appear characteristics of the system of power supply of the Company, current facilities of the object of study are described and negative causes are determined that they influence in the bad use of the energy. In the capítulo 1 or theoretical framework is dealt with mostly on specifications of the different components to design a system of power supply. The chapter 2 describes the electric design of the system of general power supply, as well as of each loading centre and as a consequence the proposal of the new monolineal of the company. In the chapter 3 a comparison of the electric power consumption of the outline is done of previous power supply with the present one.





## Índice

Declaración de Autoridad.....	I
Pensamiento.....	II
Dedicatoria.....	III
Agradecimientos.....	IV
Resumen.....	V
Summary.....	VI
Índice.....	VII
Introducción General.....	1
Fundamentación de la investigación.....	3
CAPITULO I: Marco Teórico.....	5
1.1 Clasificación de los receptores de energía eléctrica.....	6
1.1.1 Transformadores.....	8
1.1.2 Hornos eléctricos.....	12
1.1.3 Interruptor eléctrico.....	14
1.2 Selección de la sección de los conductores y barras.....	16
1.2.1 Calentamiento de la corriente debido al paso de la corriente de carga.....	17
1.2.2 Cálculo de la sección de los conductores de líneas aéreas y cables por caídas de voltajes.....	19
1.3 Gráficos de cargas eléctricas.....	21
1.3.1 Coeficientes característicos de los receptores de energía eléctrica y de los gráficos de sus cargas.....	23
1.4 Sistema de suministro eléctrico industrial.....	26
1.4.1 Fuentes de alimentación en sistemas de suministro eléctrico industrial.....	27
1.4.2 Clasificación de las subestaciones eléctricas.....	28
1.4.3 Selección de los esquemas de suministro eléctrico.....	30
1.4.4 Fundamentos de los cálculos técnicos - económicos en Sistemas de Suministro Eléctrico.....	31
1.5 Mejoramiento del Factor de Potencia.....	32
1.5.1 Efectos del bajo Factor de Potencia.....	33
1.5.2 Equipos Compensadores de Potencia Reactiva.....	34

1.5.3 Reducción de la factura eléctrica. ....	34
Conclusiones. ....	36
CAPITULO II: Materiales y Métodos. ....	37
2.1 Caracterización General de la Empresa.....	38
2.2 Sistema de alimentación Eléctrico de la Empresa.....	39
2.3 Características de la subestación de la Empresa.....	40
2.3.1 El esquema del sistema de suministro eléctrico general de la empresa está estructurado de la siguiente forma: .....	41
2.4 Descripción de los centros de cargas. ....	44
2.5 Análisis de los consumos en la Empresa Mecánica del Níquel.....	48
2.6 Grupo electrógeno de la Empresa. ....	52
Conclusiones. ....	54
CAPITULO III. Resultados y Discusión. ....	55
3.1 Actualización del monolineal de la Empresa Mecánica del Níquel.....	56
3.2 Diseño del nuevo sistema de respaldo para el taller de Estructuras Metálicas...59	
3.3 Efecto Económico .....	62
Conclusiones.....	65
Conclusiones Generales. ....	66
Recomendaciones.....	67
Bibliografía. ....	68
Anexos. ....	70

## **Introducción General.**

Desde 1987 La Empresa Mecánica del Níquel "Comandante Gustavo Machín Hoed de Beche", integrada por varias Unidades Empresariales de Base para la producción de estructuras metálicas, piezas fundidas y mecanizadas, reparaciones de equipamiento eléctrico industrial y de vehículos ligeros y camiones, es sinónimo de calidad y competencia en la industria metalmecánica de Cuba, esta pertenece al MINBAS y está adscripta al Grupo Empresarial CUBANIQUEL. Y la misma para su operación emplea esquemas de suministro eléctricos para lograr sus objetivos.

Los sistemas de suministro eléctrico de empresas industriales, constituidos por redes con voltajes hasta 1000 V y superiores, y por subestaciones transformadoras y convertidoras, sirven para satisfacer los requerimientos de la producción a través de la entrega de energía eléctrica, desde la fuente de alimentación hasta los puestos de consumo, en la cantidad y calidad requeridas, en forma de corriente alterna, monofásica o trifásica, de diferentes voltajes y frecuencia y de corriente directa.

Los sistemas de suministro eléctrico de empresas industriales son subsistemas dentro del sistema electroenergético nacional, el cual satisface el complejo suministro eléctrico de industrias. Cada empresa industrial se encuentra en un estado de permanente desarrollo que implica, a su vez, mayores consumos de la energía eléctrica. El sistema de suministro eléctrico de una empresa industrial deberá ser lo suficientemente flexible como para permitir el constante desarrollo de la tecnología, el crecimiento de la potencia de la empresa y el cambio de las condiciones de producción de esta. Este requerimiento diferencia a los sistemas de suministro eléctrico de empresas industriales del sistema electroenergético, en el que el proceso de desarrollo también existe, pero los lugares de consumo de la energía eléctrica y las formas de su transmisión y distribución son mucho más estables. Por otra parte las interrupciones del suministro eléctrico en el ámbito industrial pueden provocar significativas pérdidas a la economía nacional y, en algunos casos averías, acompañadas de lamentables pérdidas humanas.



Sobre las bases científicas del Marxismo – Leninismo se enfatiza: “Se pondrá especialmente cuidado en el uso mas racional de los recursos materiales y humanos, bajo el principio de producir mas y mejor con menos gastos”.

El presente trabajo de diploma recoge las principales características del sistema de suministro eléctrico de la Empresa, para evaluar y determinar los niveles de los indicadores de la eficiencia energética en el sistema.

## **Fundamentación de la investigación**

### **Situación problemática:**

El problema que nos ocupa para la realización de esta investigación es, determinar las principales deficiencias que presenta el sistema eléctrico de distribución de la Empresa Mecánica del Níquel, actualizando los consumidores reales existentes, en aras de mejorar la planificación del mantenimiento en todas las redes y equipamientos eléctricos de la misma, disminuyendo el tiempo de servicio técnico y reparaciones corrientes, manteniendo la eficiencia y calidad del suministro evitando graves averías y afectaciones en la producción.

### **Objetivo general:**

Rediseñar el sistema eléctrico de distribución luego del nuevo acomodo de cargas debido a las inversiones realizadas en la Empresa Mecánica del Níquel.

### **Objetivos específicos:**

- Obtener las características del consumo energético de los diferentes centros de cargas y el total de la empresa.
- Rediseñar el sistema eléctrico de distribución de cada centro de carga de la Empresa Mecánica del Níquel.
- Rediseñar el monolineal general de la empresa.

### **Objeto de estudio:**

El sistema de suministro eléctrico de la Empresa Mecánica del Níquel.

### **Campo de acción:**

Actualización de los consumidores de la Empresa Mecánica del Níquel.

## **Hipótesis:**

Si se realiza un estudio detallado de cada centro de carga de la empresa, así como de la introducción de nuevas inversiones en estos últimos años, podemos actualizar los distintos sistemas eléctricos de distribución con los nuevos consumidores y de esta forma se podrá proponer el nuevo monolineal de Empresa Mecánica del Níquel.

## **Resultados esperados:**

- Conocer las deficiencias que presenta el esquema del sistema eléctrico de distribución que opera actual en la empresa y proponer su solución
- Actualización del equipamiento eléctrico que opera hoy en la empresa en el esquema monolineal.
- Establecer comparación de los resultados del consumo de energía eléctrica del esquema de suministro anterior con el actual.



## **CAPITULO I: Marco Teórico.**

---

### **Introducción.**

El capítulo I abordará inicialmente las generalidades del suministro eléctrico como son las clasificaciones de los receptores de energía eléctrica en cuanto a fiabilidad de la alimentación, régimen de trabajo, las características de receptores típicos, los índices principales de la calidad de la energía eléctrica, además abordamos acerca de la selección de transformadores, la función de los interruptores, los distintos tipos de hornos y su alto consumo. Luego definimos los conceptos fundamentales para el análisis de las cargas eléctricas y sus gráficos de comportamiento, así como de los sistemas de distribución industrial, la definición de subestación eléctrica y por último se realiza un análisis en el mejoramiento de factor de potencia.

## **Estado del arte:**

### **Búsqueda y revisión de trabajos precedentes.**

En el trabajo presentado por Geney Sanregré en 2004 describe el sistema de suministro eléctrico desde La subestación de Punta Gorda de 220 kV hasta EMNI y El sistema de suministro eléctrico de potencia de esta subestación de la EMNi.

En el trabajo presentado por Maikel López en 2004 está basado en la evaluación del sistema de suministro eléctrico de la Empresa Mecánica del Níquel. La realización de esta investigación es la ineficiencia del sistema de suministro eléctrico de la Empresa Mecánica del Níquel, reflejada en los parámetros de calidad.

Trabajo desarrollado por Claribel Toirac Y Edgar Ramírez en 2005, basada fundamentalmente en la reducción de consumos energéticos a partir de la realización de una auditoria energética en la selección de bombas de agua (CC-9) de la Empresa Mecánica del Níquel.

Trabajo desarrollado por Osmany Marrero en 2009, basada en el Análisis del Mantenimiento de los aceites dieléctricos en los transformadores de las industrias del níquel.

Trabajo desarrollado por Prof, Dr, Ing. Manuel F. Cobas Pereira 2009, basada en el calidad de suministro de la energía eléctrica. En el Complejo Energía-Combustible la forma de energía más versátil es, indudablemente, la energía eléctrica, lo que está dado por la facilidad de su uso en cualquier proporción, su accesibilidad y posibilidad de conversión, de manera relativamente sencilla, a otros tipos de energía.



## **1.1 Clasificación de los receptores de energía eléctrica.**

Un alto porcentaje de la energía eléctrica total producida nacionalmente es consumida por las empresas industriales.

Los receptores de energía eléctrica de las empresas industriales se dividen en:

- Receptores trifásicos con voltajes hasta 1000 V de frecuencia 60 Hz y con voltajes superiores a 1000 V con igual frecuencia.
- Receptores monofásicos con voltajes hasta 1000 V y frecuencia 60 Hz.
- Receptores que operan con frecuencia diferentes de 60 Hz alimentados desde una subestaciones convertidoras.
- Receptores de corriente directa, alimentados desde subestaciones convertidoras.
  
- Según su semejanza de régimen los receptores de energía eléctrica se dividen en:
  - Receptores que operan en régimen de carga continuamente invariable o poco variable. En este régimen la máquina eléctrica puede trabajar durante un tiempo prolongado sin la elevación de la temperatura de sus diferentes partes, por encima del valor permisible.
  - Receptores que operan en régimen de carga de corta duración. En este régimen, el periodo de trabajo de la máquina eléctrica no es tan largo como para que sus diferentes partes puedan alcanzar una temperatura estable. El periodo de receso es tan largo que la máquina prácticamente puede enfriarse hasta la temperatura del medio ambiente.
  - Receptores que operan en régimen de carga intermitente. En este régimen, los periodos intermitentes de trabajo de la máquina eléctrica se alternan con periodos cortos de desconexión. Este régimen de trabajo se caracteriza por la duración relativa de la conexión (DRC) y por la duración del ciclo.

Desde el punto de vista del aseguramiento de la confiabilidad y continuidad de la alimentación, los receptores de energía eléctrica se dividen en:

- **Primera categoría:** receptores en los que la interrupción del suministro eléctrico puede significar peligro para las personas o una afectación material considerable.
- **Segunda categoría:** receptores en los que la interrupción del suministro implica una apreciable reducción de la producción.
- **Tercera categoría:** receptores no incluidos en las categorías primera y segunda.

**Equipos industriales de fuerza.** Pertenecen a este grupo de receptores los compresores, ventiladores, bombas y equipos de izaje. Estos aparatos trabajan aproximadamente en igual régimen (continúo) y, en dependencia de la potencia, operan con voltajes desde 0.22 hasta 10 kV. La potencia de tales receptores cambia dentro de un amplio diapasón, desde fracciones hasta miles de kW. La alimentación de los motores se realiza con corriente de frecuencia industrial 60 Hz (ciclos por segundos). El carácter de la carga, como norma, es uniforme, particularmente para instalaciones potentes. La interrupción del suministro eléctrico es inaceptable en la mayoría de los casos y puede implicar peligro para la vida de las personas, seria afectación del proceso tecnológico o avería del equipamiento, por lo tanto las instalaciones deben ser consideradas como consumidores de primera categoría.

Las instalaciones de izaje trabajan en régimen intermitente. Para estas instalaciones son características las frecuentes variaciones bruscas de la carga. Debido a los agudos cambios de la carga, la magnitud del factor de potencia también cambia dentro de amplios límites, como términos medios 0.3 a 0.8. Por la continuidad de la alimentación, en estos equipos deben ser considerados (en dependencia del lugar de trabajo y de la instalación) como consumidores de primera y segunda categorías.

Los motores de mecanismos de producción se encuentran en todas las empresas industriales. Para la electropropulsión de modernas máquinas herramientas se aplican motores de todas las formas. La potencia de los motores es

extraordinariamente variada y cambia desde fracciones hasta cientos de kw y más. En las máquinas en que se requieren altas velocidades de desplazamientos y frecuente regulación de estas, se aplican motores de corriente directa alimentadas desde instalaciones rectificadoras. El voltaje del circuito es de menos de 1000 V con frecuencia de 60 Hz. El factor de potencia oscila entre amplios límites, en dependencia del proceso tecnológico. Por seguridad del suministro este grupo de receptores pertenece, como norma, a la segunda categoría. No obstante, existe una serie de máquinas en las que la interrupción de la alimentación es inadmisibles debido a las exigencias de seguridad técnica (posible trauma del personal de servicio) y a posibles afectaciones de la producción, particularmente en la elaboración de grandes y costosas piezas.

**Instalaciones de alumbrado eléctrico:** Las luminarias eléctricas representan una carga monofásica, aunque, gracias a la insignificante potencia del receptor, puede lograrse una carga bastante uniforme por fase (asimetría menor al 5-10%). Esta carga es constante en el tiempo, aunque su tiempo de operación depende de la época del año. El factor de potencia en lámparas incandescentes es 1.0 mientras que las fluorescentes solo alcanzan el 0.6.

De acuerdo a la fiabilidad de la alimentación, esta depende de la finalidad de la iluminación, pudiendo figurar como primera categoría en determinados procesos. Generalmente se establecen circuitos de iluminación de reserva para caso de avería.

### **1.1.1 Transformadores.**

Normalmente, los transformadores utilizados en las subestaciones industriales se clasifican según su enfriamiento como:

- 1) Autorefrigerados por aire o de tipo seco, que existen hasta potencias de 3000 kVA y voltajes de hasta 15 kV, y son usados principalmente en interiores.
- 2) Refrigerados por circulación forzada de aire por medio de ventiladores, los que existen hasta 15 MVA y 35 kV.

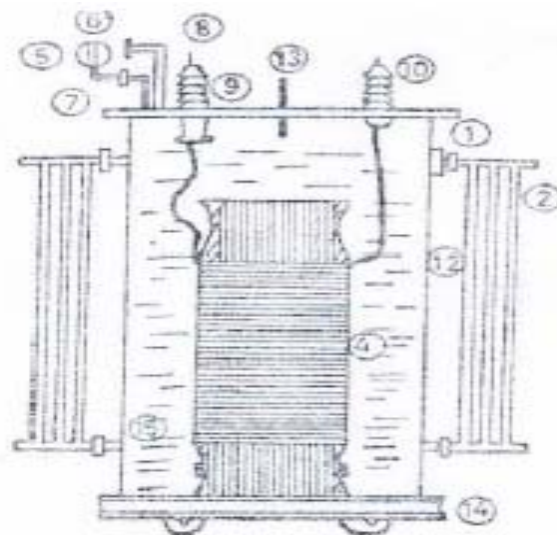
- 3) Autorefrigerados sumergidos en un líquido que generalmente es aceite aislante.
- 4) Grandes transformadores sumergidos en aceite y refrigerados mediante: autorefrigeración y circulación forzada de aire, refrigeración por agua, circulación forzada de aceite o autorefrigeración y circulación por agua.

Los transformadores utilizados en la subestaciones industriales son típicamente transformadores trifásicos en conexión  $\Delta$ -Y. El secundario en Y permite el acceso al neutro para aterrizar el sistema, mientras que la delta por primario constituye la forma más simple y segura de estabilizar el neutro de la Y en el secundario. En ocasiones, cuando se emplea una Y en el primario, debe utilizarse un terciario en delta para lograr el propósito anterior. Otra ventaja de la delta reside en la supresión del contenido de terceros armónicos en el voltaje de línea del sistema.

### Elementos que constituyen un transformador

Núcleo de circuito magnético, Devanados, Aislamiento, Aislantes, Tanque o recipiente, Boquillas, Ganchos de sujeción, Válvula de carga de aceite, Válvula de drenaje, Tanque conservador, Tubos radiadores, Base para rolar, Placa de tierra, Placa de características, Termómetro. Manómetro, Cambiador de derivaciones o taps.

1. Tanques.
2. Tubos radiadores.
3. Núcleo (circuito magnético).
4. Devanados.
5. Tanque conservador.
6. Indicador de nivel de aceite.
7. Relé de protección (buchholz).
8. Tubo de escape.
9. Boquillas o aisladores de porcelana.
10. Boquillas o aisladores de porcelana.



11. Tornillos opresores.
12. Conexión de los tubos radiadores.
13. Termómetro.
14. Bases de rolar.
15. Refrigerante.

### **Selección de los transformadores de fuerza.**

La correcta selección, fundamentada técnica y económicamente, del número y potencia de los transformadores, para las subestaciones principales y de talleres de empresas industriales tiene una importancia fundamental en la construcción del esquema de suministro de tales instalaciones.

Para la selección de número y potencia de los transformadores de fuerza se utilizan como datos los gastos anuales, los cuales tiene en cuenta las inversiones capitales y los gastos de explotación anuales. La confiabilidad de alimentación, el gasto de metal no ferroso y las pérdidas de potencia de transformación son muy importantes y a veces constituyen factores decisivos en la selección del número y potencia de los transformadores.

Las subestaciones principales reductoras (SPR) y de talleres son preferidas con un **números de transformadores** que no exceda de dos. Siempre que sea posible se debe analizar la variante de instalación de un transformador y ejecución de la alimentación de reserva desde una subestación vecina. Ello es debido a que en forma general, la construcción de subestaciones con un solo transformador garantiza el mínimo de gasto. Si las exigencias de alimentación de reserva de los consumidores demandan la instalación de más de un transformador, debe tenderse a que este número no exceda de dos.

En los sistemas industriales de suministro eléctrico la **potencia de los transformadores** debe garantizar, en condiciones normales, la alimentación de todos los consumidores o receptores. En la selección de la potencia de los transformadores se deben tratar de obtener tanto el régimen de trabajo económico útil, como la alimentación de reserva explícita e implícita de los consumos; además la carga de los transformadores en condiciones nominales, no debe (por calentamiento) conducir al acortamiento de su tiempo debido al servicio. La potencia del transformador debe garantizar la demanda indispensable de potencia durante el periodo posterior a la reconexión del transformador averiado, en dependencia de los requerimientos presentados por los consumidores de acuerdo a su categoría.

Como regla general, todas las instalaciones, de año en año, aumentan su productividad y se amplían ya por la construcción de nuevas áreas de producción o por la más racional utilización de las existentes.

La potencia nominal de un transformador es la potencia a que este puede ser cargado ininterrumpidamente durante todo su tiempo de vida o servicio (aproximadamente 20 años) bajo condiciones normales de temperaturas del medio refrigerantes.

La potencia de los transformadores es conveniente seleccionarlo teniendo en cuenta su **capacidad de sobre carga**. El no prestar atención a la capacidad de sobre carga de los transformadores significa depender innecesariamente de la capacidad nominal. Esta capacidad de sobrecarga se determina en dependencia del gráfico de carga del transformador en cuestión.

### 1.1.2 Hornos eléctricos.

Según la forma de transformación de la energía eléctrica en térmica pueden ser divididos en:

- 1) Hornos de resistencia.
- 2) Hornos e instalaciones de inducción.
- 3) Hornos de arco eléctrico.
- 4) Hornos con calentamiento cruzado.

#### 1) Los Hornos de resistencia según la forma de calentamiento se subdividen en: hornos de acción indirecta y hornos de acción directa.

- El calentamiento de material en los de **acción indirecta** ocurre debido al calor desprendido por los elementos calentadores al pasar a su través la corriente eléctrica. Estos hornos son instalados con voltajes hasta 1000 V de frecuencia industrial 60 Hz. Se producen con potencias monofásicas y trifásicas desde unidades hasta varios miles de kW. El factor de potencia en la mayoría de los casos es igual a 1.
- En los hornos de **acción directa** el calentamiento se ejecuta por el calor desprendido en el producto calentado por el paso por el paso de la corriente eléctrica a su través. Estos hornos se producen con potencia monofásica y trifásica hasta 3000 kW, la alimentación se efectúa con voltajes hasta 1000 V y frecuencia industrial de 60 Hz o a través de transformadores reductores desde redes de más alto voltajes. La mayoría de los hornos de resistencia, en relación a la continuidad de servicio, pertenecen a los receptores de energía eléctrica de segunda categoría.

**2) Los hornos e instalaciones de inducción y de calentamiento eléctrico se subdividen en: hornos de fusión e instalaciones para temple y calentamiento continuo de dieléctricos.**

➤ La fundición del metal en los hornos de inducción se realiza por el calor debido a la corriente de inducción. **Los hornos de de fusión** se construyen con alma de acero o sin ella.

a) **Los hornos con alma de acero** se utilizan para la fundición de materiales ferrosos y sus aleaciones.

b) **Los hornos sin alma de acero** se aplican para la fundición de aceros de alta calidad y, más raramente, de metales no ferrosos.

➤ **Las instalaciones para el temple y calentamiento continuo**, en dependencia de la especificación, se alimenta a frecuencia desde 50 Hz hasta cientos de kHz. La alimentación de las instalaciones de elevada y alta frecuencia se realiza, correspondientemente, a través de convertidores a tiristores o electromecánicos del tipo inductivo o de generadores a bulbo. Estas instalaciones pertenecen a los receptores de energía eléctrica de segunda categoría.

**3) Los hornos de arco eléctrico, por la forma de calentamiento, se subdividen en hornos de acción directa y hornos de de acción indirecta.**

➤ **En los hornos de acción directa** el calentamiento y fusión del metal se produce por el calor desprendido por el arco eléctrico establecido entre el electrodo y el metal a fundir. Estos hornos se subdividen en una serie de tipos, de los que son característicos los hornos de fusión de acero y de vacío.

a) **Los hornos de fusión de acero.**

b) **Los hornos de arco al vacío.**



- El calentamiento del metal en **los hornos de acción indirecta** es producido por el calor desprendido por el arco eléctrico establecido entre los electrodos de carbón. Ellos encuentran aplicación en la fundición de cobre y sus aleaciones. La potencia de estos hornos no es comparativamente grande (hasta 500 kVA), la alimentación se realiza con frecuencia industrial desde transformadores especiales. En relación a la continuidad del suministro eléctrico, estos hornos pertenecen a los receptores de energía eléctrica de primera categoría, para los que son admisibles interrupciones breves de la alimentación.

#### **4) Los hornos con calentamiento cruzado pueden, ser divididos en mineralotérmicos y hornos de fundición electroescoria.**

- En los hornos mineralotérmicos, el material se calienta por el calor que se desprende durante el paso de la corriente eléctrica por la carga y combustión del arco.
- En los hornos de fundición de electroescoria el calentamiento se produce por el calor desprendido en la escoria durante el paso de la corriente a su través.

### **1.1.3 Interruptor eléctrico.**

Un interruptor eléctrico es un dispositivo utilizado para desviar o interrumpir el curso de una corriente eléctrica. Su expresión más sencilla consiste en dos contactos de metal inoxidable y el actuante. Los contactos, normalmente separados, se unen para permitir que la corriente circule. El actuante es la parte móvil que en una de sus posiciones hace presión sobre los contactos para mantenerlos unidos.

- El interruptor eléctrico o interruptor automático incluye dos sistemas de protección. Se apaga en caso de circuito o en caso de sobre carga de corriente. Se utiliza en los cuadros eléctricos de viviendas, comercios o industrias para controlar y proteger cada circuito individualmente.
- Reed switch es un interruptor encapsulado en un tubo de vidrio al vacío que se activa al encontrar un campo magnético.

- Interruptor centrífugo se activa o desactiva a determinada fuerza científica. Es usado en los motores como protección.
- Interruptor de transferencia trasladan la carga de un circuito a otro en caso de falla de energía. Utilizados tanto en subestaciones eléctricas como en industrias.
- Interruptor DIP viene del inglés "dual in-line package" en electrónica y se refiere a una línea doble de contactos. Consiste en una serie de múltiples micro interruptores unidos entre sí.
- Interruptor de mercurio usado para detectar la inclinación. Consiste en una gota de mercurio dentro de un tubo de vidrio cerrado herméticamente, en la posición correcta el mercurio cierra dos contactos de metal.
- Interruptor de diferencia o Disyuntor dispositivo electromecánico para equipos eléctricos que protege a las personas de las derivaciones causadas por faltas de aislamiento.

**En otra definición podemos decir que un interruptor es:**

Un dispositivo cuya función es interrumpir y restablecer la continuidad en un circuito eléctrico. Si la operación se efectúa sin carga (corriente), el interruptor recibe el nombre de desconectador o cuchilla desconectadora. Sin embargo si la operación de apertura o de cierre la efectúa con carga (corriente nominal) o con corriente de corto circuito (en caso de alguna perturbación) el interruptor recibe el nombre de disyuntor o interruptor de potencia. Los interruptores en caso de apertura, deben asegurar el aislamiento eléctrico del circuito.

Los interruptores de potencia, como ya se mencionó, interrumpen y restablecen la continuidad de un circuito eléctrico. La interrupción la deben efectuar con carga o corriente de corto circuito y se construyen en dos tipos generales:

- Interruptores de aceite.
- Interruptores neumáticos.

Los interruptores son vitales para el funcionamiento seguro de una red eléctrica. Son necesarios en los generadores de electricidad, donde se ha de poder conectar y desconectar toda la potencia de una central eléctrica (gigavatios de electricidad), y en líneas de transmisión, en subestaciones, para dirigir el flujo de energía con tensiones de más de 1.500 kV. Los interruptores son también componentes esenciales en las redes de distribución, en las que es preciso controlar corrientes muy altas a niveles moderados de tensión. Un interruptor, con independencia de su posición en una red, tiene dos tareas: es responsable de la conmutación diaria de líneas durante el funcionamiento normal y de la desconexión del suministro eléctrico en caso de sobrecarga o cortocircuito. Un interruptor puede controlar varios GVA de potencia en fracciones de segundo.

## **1.2 Selección de la sección de los conductores y barras.**

Pueden seleccionarse en dependencia de una serie de factores los cuales se dividen en técnicos y económicos.

Factores técnicos:

- 1) Calentamiento provocado por la corriente de carga.
- 2) Calentamiento provocado por la corriente de cortocircuito.
- 3) Pérdidas o caídas de tensión en las barras o los conductores aéreos producto de la circulación de la corriente en régimen nominal o régimen de avería.
- 4) Resistencia mecánica – Estabilidad a la sobrecarga mecánica.
- 5) Factores de corona dependiendo de tensión utilizada, sección del conductor y medio ambiente.

Para la selección de la sección estándar del conductor surge la pregunta cual seleccionar la más arcana menor o la más cercana mayor. Esta pregunta se debe responder teniendo en cuenta varios factores.

1. Para la selección de la sección por la estabilidad térmica se debe seleccionar la más cercana menor.
2. Para la selección por la resistencia mecánica para los cables se resuelve sencillo ya que los cables se comercializan de manera que todas sus secciones tengan resistencia mecánica. para las líneas se seleccionan la de mayor sección estándar.
3. Para la selección por condiciones del efecto corona para conductores de líneas aéreas se debe tomar la mayor sección.
4. La selección de la tensión por la caída de esta sede be escoger la más cercana a la mayor sección.
5. La selección de la tensión por las condiciones de calentamiento se debe seleccionar la mayor sección estándar.

### **1.2.1 Calentamiento de la corriente debido al paso de la corriente de carga.**

El paso de la corriente eléctrica en el conductor está relacionado con pérdidas de esta energía y en su resistencia que se transforma en calor.

La cantidad de calor disipada por el conductor en el medio ambiente para un seg.

$$P=KF(\theta_2 - \theta_1)$$

$K \rightarrow$  Coeficiente de transferencia en  $(W) * cm^2 * ^\circ C$  O sea calor transferido desde 1  $cm^2$  de superficie del conductor cuando hay una diferencia de 1  $^\circ C$  entre la temperatura del conductor y la del medio ambiente.

$F \rightarrow$  Superficie refrigerada del conductor a través de la cual se realiza la transferencia de calor en  $cm^2$ .

$\theta_1 \rightarrow$  Temperatura del medio ambiente. ( $^\circ C$ )

$\theta_2 \rightarrow$  Temperatura del conductor. ( $^\circ C$ )

Para la cantidad de calor desprendida en el conductor para cierto valor de la corriente  $I$  durante un seg. Y expresada también la potencia equivalente:

$$P = I^2 \cdot R\theta_2 (W)$$

$R\theta_2 \rightarrow$  Resistencia del conductor de la temperatura.

$$I_{adm} = \sqrt{\frac{KF(\theta_2 - \theta_1)}{R\theta_2}}$$

$I_{adm}$  → Corriente admisible del conductor que lo calienta desde  $\theta_2$  partiendo de un tiempo inicial al medio  $\theta_1$  ambiente.

$\theta_2 - \theta_1$  → Sobrecalentamiento del conductor con respecto a la temperatura del medio ambiente.

**La selección del conductor deberá ser:**

- a) En líneas monofásicas y de dos fases de tres conductores con carga regular; igual a la sección de los conductores de las fases.
- b) Igual a la sección del conductor de fase más cargada en caso de líneas de dos fases y neutro y cargas desbalanceadas.
- c) En líneas trifásicas de cuatro conductores con carga distribuida regularmente; será no menor del 50 % de la sección de los conductores de fase, en Caso de carga desbalanceada se podrá alcanzar 100 % de la sección de los conductores de fase.
- d) Para varias líneas trifásicas con conductor neutro común la selección no debe ser menor del 50 % de la de los conductores de fase de la línea con mayor carga; se podrá alcanzar hasta el 100 % en caso de carga desbalanceada.
- e) En una o varias líneas trifásicas con conductor neutro y las fases se desconectan por separado; la selección de la sección del neutro deberá ser igual a la de los conductores de fase de una línea e igual a la de los conductores de fase de la línea más cargada en caso de varias líneas.

## 1.2.2 Cálculo de la sección de los conductores de líneas aéreas y cables por caídas de voltajes.

Los circuitos eléctricos se seleccionan por la corriente de carga y se calculan por el calentamiento incluyendo los circuitos de fuerza que alimentan las estaciones eléctricas y es por eso que debemos comprobarlo por las pérdidas de tensión.

De acuerdo a normas de seguridad para circuitos de fuerza la derivación de la tensión a la nominal puede estar en el rango  $\pm 5\%$ .

Para los circuitos de iluminación industrial en derivación de la tensión tiene que estar con un límite de un 2.5 a un 5% y para los circuitos de alimentación residencial se admite una derivación hasta de un  $\pm 5\%$

Estos niveles están dado debido a que la reducción del voltaje por ejemplo en las luminarias de reducción de flujo luminoso, se reduce como circunstancia la iluminación en el puesto de trabajo; en los motores asíncronos el movimiento depende del cuadrado de la tensión y al disminuir esta trae consigo que en el se garantice el arranque de los mismos.

A continuación veremos los cálculos de un circuito eléctrico con corriente alterna con tensión de hasta 1000 V el cual tiene reactancia y resistencia

A continuación veremos el diagrama vectorial para una línea trifásica con dos cargas industriales  $i_1$  y  $i_2$ .

$I_1$  la encontramos como la suma geométrica de las corrientes de carga  $i_1$ ,  $i_2$

El sentido del vector  $I_1$  lo determinamos por el ángulo  $\varphi$  basado en eso encontramos

$U_{f2}$ ,  $U_{1f}$  y  $U_{fa}$ .

$$\Delta U_f = U_{f1} + U_{f2} = I \cdot r \cdot \cos \varphi + I \cdot x \cdot \sin \varphi$$

Teniendo en cuenta la relación de  $U_1$  y  $U_f$

$$\Delta U = \sqrt{3} \Delta U_f = \sqrt{3} (I \cdot r \cdot \cos \varphi + I \cdot x \cdot \sin \varphi)$$

ó

$$\Delta U = \sqrt{3} \left[ \frac{P_r}{\sqrt{3}U} + \frac{Q_x}{\sqrt{3}U} \right] = \frac{P_r + Q_x}{U}$$

Teniendo en cuenta nuestro caso.

$$U_f = I_2 r_2 \cos \varphi_2 + I_2 x_2 \operatorname{sen} \varphi_2 + I_1 r_1 \cos \varphi_1 + I_1 x_1 \operatorname{sen} \varphi_1$$

Teniendo en cuenta la relación de  $U_i$  y  $U_f$

$$\Delta U = \sqrt{3} \Delta U_f = \sqrt{3} \sum (I \cdot r \cdot \cos \varphi + I \cdot x \cdot \operatorname{sen} \varphi)$$

En vez de realizar el cálculo por  $I_1$  y  $I_2$  lo hacemos por la corriente de carga.

$$\Delta U = \sqrt{3} \sum (i_1 R_1 \cos \varphi_1 + i_1 X_1 \operatorname{sen} \varphi_1)$$

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 100}{U_N} \sum (i R \cos \varphi + i X \operatorname{sen} \varphi)$$

Por lo general los conductores y cables de los circuitos eléctricos en la mayoría de los casos están hechos del mismo material con una misma sección. Por eso si en los consumidores con  $\cos \varphi < 1$  en todas las cargas de fuerza, entonces:

$$\Delta U = \left( \frac{\sqrt{3} \cdot 100}{U_n} r_0 \cos \varphi + x_0 \operatorname{sen} \varphi \right) \sum i \cdot l$$

Donde:

$r_0$  y  $x_0$  – resistencias activa e inductiva; ohm/Km.

$l$  – longitud del consumidor hasta la fuente; Km.

$$i = \frac{P \cdot 10^3}{\sqrt{3} U_{nom} \cdot \cos \varphi}$$

Calculando en la ecuación  $\Delta U$  la expresión de  $i$ , tenemos:

$$\Delta U = \left[ \frac{10^5}{(U_{nom}^2 \cos \varphi)(r_0 \cos \varphi + x_0 \operatorname{sen} \varphi)} \right] \sum P l$$

### **1.3 Gráficos de cargas eléctricas.**

La determinación de las cargas eléctricas es la primera etapa de la proyección de cualquier sistema de suministro eléctrico.

La carga eléctrica caracteriza el consumo de energía eléctrica de:

Receptores independientes, grupos de receptores en el taller, el taller y la empresa en su conjunto. Para proyección y explotación de sistemas de suministro eléctrico de empresas industriales son fundamentales tres tipos de cargas: potencia activa (P), potencia reactiva (Q) y corriente (I).

La carga eléctrica puede ser observada visualmente, por medio de instrumentos de medición o registradas por medio de instrumentos registradores. Los cambios de la carga pueden ser registrados en forma de una curva continua, o escalonada.

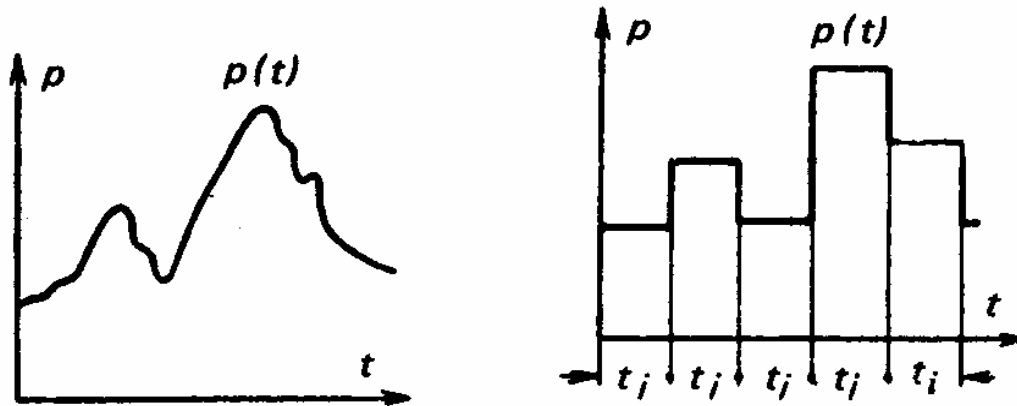
Las curvas de cambio de potencia activa, reactiva y de corriente, con respecto al tiempo, se denomina gráficos de cargas de potencia activa, reactiva y de corriente, respectivamente.

Los gráficos pueden ser clasificados en: individuales para receptores independientes de energía eléctrica, y de grupos, para grupos de receptores.

Las gráficas individuales de cargas se simbolizan con letras minúsculas:  $p(t)$ ,  $q(t)$ ,  $i(t)$ , los gráficos de grupos se simbolizan con iguales letras pero mayúsculas  $P(t)$ ,  $Q(t)$ ,  $I(t)$ .

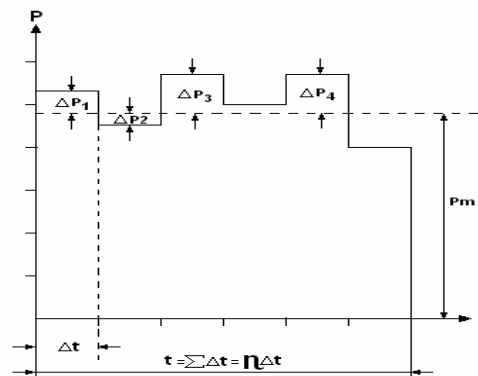
La expresión analítica de los gráficos  $P(t)$ ,  $Q(t)$ ,  $I(t)$ , para  $n$  receptores en un grupo, tendrá la forma:





Estos gráficos pueden ser individuales (en minúscula) o de grupo (en mayúscula). Teniendo en cuenta que para un grupo de N receptores los gráficos de grupo se calculan a partir de los individuales por:

$$P(t) = \sum_{i=1}^n p_i(t) \quad Q(t) = \sum_{i=1}^n q_i(t) \quad I(t) = \left( \sqrt{P^2 + Q^2} \right) / \sqrt{3} * V_n$$



**Figura 1.** Gráfica de carga para un grupo de consumidores.

Teniendo en cuenta la duración, los gráficos de carga se clasifican en:

Diarios y anuales. Cada área industrial tiene su gráfico de carga típico, el cual está determinado por el proceso tecnológico de la producción.

### 1.3.1 Coeficientes característicos de los receptores de energía eléctrica y de los gráficos de sus cargas.

➤ Coeficiente de utilización.

Este coeficiente es el índice fundamental para el cálculo de la carga.

Se denomina coeficiente de utilización de potencia activa del receptor  $k_{ua}$  o del grupo de receptores  $K_{ua}$ , a la relación de potencia activa medio del receptor independiente, o del grupo, a su valor nominal:

$$k_{ua} = \frac{pm}{pn} \quad K_{ua} = \frac{pm}{pn} = \frac{\sum_1^n k_{ua} * pn}{\sum_1^n pn}$$

➤ Coeficiente de conexión.

Se denomina coeficiente de conexión del receptor,  $k_{\infty}$  a la relación de la duración de la conexión del receptor en el ciclo ( $t_{co}$ ), a la duración del ciclo total para ( $t_c$ ). el tiempo de conexión del receptor durante el ciclo esta constituido por el tiempo de trabajo ( $t_t$ ) y el de marcha en vacío ( $t_v$ ).

$$k_{\infty} = \frac{t_{\infty}}{t_c} = \frac{t_t + t_v}{t_c} \quad K_{\infty} = \sum_1^n k_{\infty} pn / \sum_1^n pn$$

➤ Coeficiente de carga.

Coeficiente de carga ( $k_{ca}$ ) de potencia activa del receptor se denomina a la relación de potencia activa media consumida por el ( $P_{m\infty}$ ) (durante el tiempo de conexión  $t_{\infty}$ ), a su potencia nominal:

$$K_{ca} = \frac{K_{ua}}{K_{\infty}}$$

➤ Coeficiente de forma

Se denomina coeficiente de forma del gráfico individual o de grupo de cargas ( $K_{fi}$ ,  $K_{fj}$ ) a la relación de corriente medio – cuadrática (o potencia aparente del receptor o grupo de estos) durante determinado periodo, a su valor medio durante igual periodo de tiempo.

$$k_{fi} = \frac{i_{mc}}{i_m} = \frac{S_{mc}}{S_m} \qquad K_{fi} = \frac{I_{mc}}{I_m} = \frac{S_{mc}}{S_m}$$

➤ Coeficiente de máximo.

Se denomina coeficiente de máximo de potencia activa ( $k_{Ma}$ ,  $K_{Ma}$ ) a la relación de potencia activa de cálculo ( $p_c$ ,  $P_c$ ), durante el periodo considerado de tiempo, estos es:

$$k_{Ma} = \frac{p_c}{p_m} \qquad K_{Ma} = \frac{P_c}{P_m} \qquad K_{MI} = \frac{I_c}{I_m}$$

➤ Coeficiente de demanda.

Se denomina coeficiente de demanda de potencia activa ( $K_d$ ) a la relación de la potencia activa de cálculo (en las condiciones de proyección) o de consumo (en las condiciones de explotación) a la potencia nominal activa (instalada), del grupo de receptores:

$$K_{da} = \frac{P_c}{P_N} \quad \text{o} \quad K_{da} = \frac{P_\infty}{P_N} \quad K_{da} = K_{ua} * K_{Ma}$$

- Coeficiente de llenado.

Se denomina coeficiente de llenado del gráfico de cargas de potencia activa ( $K_{lla}$ ) a la relación de potencia activa media, a la potencia máxima, durante el periodo considerado de tiempo de tiempo

$$K_{lla} = \frac{P_m}{P_M} = \frac{P_m}{P_c} = \frac{1}{K_{Ma}}$$

➤ Coeficiente de no coincidencia de máximos.

Se denomina coeficiente de no coincidencia de máximos de cargas de potencia activa ( $K_{nca}$ ) a la relación del valor máximo de cálculo de potencia activa del nodo del sistema de suministro eléctrico, a la suma de los máximos de cálculos de potencia activa de los grupos independientes de receptores que forman parte del nodo dado:

$$K_{nca} = \frac{P_c}{\sum_1^n P_{ci}}$$

## 1.4 Sistema de suministro eléctrico industrial.

Los sistemas de suministro eléctrico industrial se encargan de suministrar la energía eléctrica proveniente del Sistema Electroenergético Nacional (SEN) y de las plantas de generación propias a todas las cargas de fuerza y alumbrado de la instalación industrial o de servicio.

El sistema puede contener uno o más niveles de voltaje y comprende diferentes componentes como son:

### 1) Subestación Principal Reductora (SPR)

Subestación compuesta por uno o dos transformadores en paralelo, que reduce el voltaje de suministro del SEN (220, 110, 33, 13.8) kV al voltaje de utilización de los receptores o a un voltaje de distribución primaria

### 2) Planta de generación

Existe en algunos tipos de industria, donde es económica la generación de electricidad por plantas propias (uso de la cogeneración, etc.) o en que se emplea esta como respaldo de emergencia en caso de fallo del suministro del SEN.

### 3) Subestaciones Unitarias de Centros de Carga

Estas subestaciones usualmente constituidas por un solo transformador, existen en sistemas con niveles de voltaje primario y secundario. Se emplean para reducir el voltaje primario al nivel de utilización en los centros de carga, talleres, etc.

### 4) Centros de Distribución

Contienen los desconectivos “switchgear” para la manipulación de los circuitos: interruptores automáticos, cuchillas, etc., los dispositivos de protección como: relés, fusibles, etc. y los elementos de medición. El centro general de distribución de la industria se conoce como CGD.

#### 5) Centros de Control de Motores (CCM)

Centros de distribución que incorporan además los relés de sobrecarga térmica, los contactores magnéticos, las estaciones de pulsadores y otros elementos asociados al control y protección de los motores eléctricos.

#### 6) Pizarras de alumbrado

Centros de distribución para la alimentación de cargas de alumbrado.

#### 7) Redes de voltaje primario y secundario.

Son redes compuestas por líneas aéreas, cables y barras de distribución de voltaje primario o secundario.

### **1.4.1 Fuentes de alimentación en sistemas de suministro eléctrico industrial.**

El número de fuentes de alimentación esta vinculado con la categoría de los consumidores y receptores. Así los receptores:

- De primera categoría deben ser no menos de dos fuentes independientes de alimentación.
- De segunda y tercera categoría pueden tener una, dos y mas fuentes de alimentación.

Las fuentes de alimentación se consideran independientes si la alteración del régimen o deterioro de una de ellas no provoca la alteración del régimen o interrupción del trabajo de la otra. Se denomina fuentes de alimentación.

- Las estaciones eléctricas propias o generadoras de la empresa.
- Las líneas de alimentación de la empresa.
- Las subestaciones que alcanzan al sistema de suministro de la empresa industrial con el energosistema o con las estaciones eléctricas de este.

- Las secciones independientes de la barra de enlaces de la estación eléctrica o subestación, la cual posee varios generadores o transformadores, siempre que sean observadas las condiciones siguientes:
- Cada sección de las barras tiene alimentación desde generadores o transformadores diferentes (no menos de dos).
- Las secciones no están vinculadas eléctricamente entre si o de tienen en lace automáticamente desconectado antes de la ocurrencia de la alteración del trabajo normas de una de las secciones.

### **1.4.2 Clasificación de las subestaciones eléctricas.**

Una subestación eléctrica es un conjunto de elementos o dispositivos los cuales intervienen en el proceso de generación-consumo de energía eléctrica de una manera que nos permiten cambiar las características de energía eléctrica (voltaje, corriente, frecuencia, etc.), tipo (c.a. o CC.) o bien conservarle dentro de ciertas características.

Es difícil hacer una clasificación precisa de las subestaciones eléctricas sin embargo un intento podría ser de la siguiente forma:

**a) Por su operación:**

- De corriente alterna.
- De corriente continua.

**b) Por su servicio:**

- Primarias
- Receptoras (elevadoras y reductoras).
- De enlace o distribución.
- De switcheo o de maniobra.
- Convertidoras o rectificadoras.
- Secundarias
- Receptoras (elevadoras y reductoras).
- Distribuidoras.

- De enlace.
- Convertidoras o rectificadoras.
- c) Por su construcción.**
  - Tipo intemperie.
  - Tipo interior.
  - Tipo blindado.

### **Elementos constitutivos de una subestación**

Los elementos que constituyen una subestación se pueden clasificar en elementos principales y elementos secundarios.

#### **Elementos principales.**

- Transformador.
- Interruptor de potencia.
- Restaurador.
- Cuchillas fusibles.
- Cuchillas desconectadoras y cuchillas de prueba.
- Pararrayos.
- Tableros dúplex de control.
- Condensadores.
- Transformadores de instrumento.

#### **Elementos secundarios**

- Cables de potencia.
- Cables de control.
- Alumbrado.
- Estructura.
- Herrajes.
- Equipo contra incendio.
- Equipo de filtrado de aceite.
- Sistema de tierras.





- Carrier.
- Intercomunicación.
- Trincheras, conducto, drenajes.
- Cercas.

### **1.4.3 Selección de los esquemas de suministro eléctrico.**

Los esquemas de suministro eléctrico de empresas industriales se dividen en: esquemas de suministro eléctrico externos e internos. Los esquemas de suministro de suministro eléctrico se seleccionan a partir de las consideraciones de confiabilidad la cual se determina en dependencia de la categoría de los consumidores. Si el número de receptores de la empresa se tiene aunque sea uno de primera categoría, entonces la cantidad de circuitos del sistema externo de suministro eléctrico, a través del cual se proporciona la alimentación, deberá ser no menor de dos.

Durante la selección del esquema de suministro eléctrico de una empresa industrial resulta de una ayuda esencial el cartograma de cargas. Por medio de este cartograma de carga resulta fácil determinar si se requiere encontrar uno o varios centros de cargas. La determinación del centro de cargas se puede lograr matemáticamente exacta y ello permite durante la proyección de los sistemas de suministro eléctrico de empresas industriales, indicar la correcta localización de la subestación principal (subestación principal distribuidora) y de los puntos de distribución (PD).

La correcta selección de la localización de las subestaciones y de PD en el territorio de la empresa industrial permite establecer el más racional esquema de suministro eléctrico (la menor longitud de las líneas de alimentación, las pérdidas correspondientes menores, etcétera).

#### **1.4.4 Fundamentos de los cálculos técnicos - económicos en Sistemas de Suministro Eléctrico.**

En el proceso de proyección de sistemas de Suministro Eléctrico Industrial deben ser resueltos los siguientes problemas, considerando como fundamentales:

- Selección óptima de los parámetros del sistema de alimentación desde el punto de vista técnico – económico.
- Correcta selección, fundamentada técnica y económicamente, del número y potencia de los transformadores para las subestaciones principal y de talleres.
- Selección del régimen de trabajo económico de los transformadores.
- Selección de los voltajes racionales del sistema, determinados a través de cálculos de inversión capital, gasto metal no ferroso, magnitud de las pérdidas y gastos de explotación.
- Selección de los equipos eléctricos, aisladores y equipos terminales, en correspondencia con los requerimientos de la utilidad técnica – económica.
- Selección de las secciones de los conductores, barras y cables en correspondencia con toda una serie de factores técnicos – económicos.
- Determinación de la necesidad y selección de la potencia de plantas propias y de sus equipos generadores.
- Selección de las trayectorias y métodos de tendido de los circuitos eléctricos.

La importancia de este hecho se fundamenta en que más de 1/3 de las inversiones totales de un país se emplean en la obtención, preelaboración, transporte y almacenamiento de los recursos energéticos y en generación, transmisión, distribución y consumo de toda forma de energía.

En la actualidad el criterio único de selección de la solución técnica lo es su utilidad económica.

La introducción de los cálculos técnicos - economitos requiere la ejecución de una gran cantidad de laboriosas operaciones, para la automatización de las cuales pueden utilizarse con éxito las máquinas computadoras, obteniendo así una gran significación en la energética.

Pertencen a los índices técnicos: la confiabilidad, la comodidad la explotación, duración de la instalación, volumen de las reparaciones corrientes y capitales, grado de automatización, etcétera.

Son los económicos fundamentales las inversiones capitales y los gastos anuales, la confiabilidad también se expresa económicamente.

## **1.5 Mejoramiento del Factor de Potencia.**

Una gran parte de los receptores o equipos industriales consumen potencia reactiva en su operación normal. Los motores eléctricos (60-65%), los transformadores (29-25%), las líneas aéreas, reactores, convertidores y otros equipos consumen el restante (10-20%) de la potencia reactiva total de carga del sistema, que puede llegar a ser comparable o aún mayor que la potencia activa en determinados tipos de receptores.

Una instalación industrial corriente tiene un factor de potencia natural que puede ser relativamente bajo en el rango de 0.6 a 0.8. Este bajo factor de potencia se debe a la presencia de motores asincrónicos subcargados, el uso de convertidores electrónicos para el suministro de corriente directa, la utilización de dispositivos de inducción, de unidades de climatización, y el empleo de lámparas fluorescentes e vez de incandescentes. En la medida en que la planta está más motorizada, puede esperarse un empeoramiento del factor de potencia a menos que se tomen medidas correctivas.

### **1.5.1 Efectos del bajo Factor de Potencia**

Los efectos del bajo factor de potencia en una instalación industrial pueden ser cualquiera de los siguientes:

- 1) Incremento del costo de la energía.
- 2) Sobrecarga de transformadores, cables, etc.
- 3) Incremento de las pérdidas de potencia y energía en el sistema.
- 4) Incremento de las caídas de voltaje en el sistema.

#### **Sobrecarga de equipos**

Muchos equipos eléctricos, como son los: generadores, transformadores, conductores, seccionadores, fusibles, interruptores automáticos, etc. se dimensionan a partir de una capacidad de corriente o kVA en régimen permanente que sea suficiente para alimentar la carga.

Por lo tanto, si la potencia aparente y la corriente de la carga dependen inversamente del factor de potencia de la misma:

$$S = \frac{P}{\cos \varphi} \quad I = \frac{P}{\sqrt{3} V \cos \varphi}$$

Puede concluirse que un bajo factor de potencia incrementa la corriente y con ello la carga térmica de los equipos que suministran o permiten el paso de dicha corriente.

## 1.5.2 Equipos Compensadores de Potencia Reactiva

Los equipos empleados en la compensación de la potencia reactiva de las cargas son fundamentalmente:

- 1) Bancos de capacitores.
- 2) Condensadores sincrónicos (motores sincrónicos sobreexcitados).
- 3) Compensadores activos (basados en electrónica de potencia: SVC, FACTS, etc.).

De ellos, por su bajo costo, reducido mantenimiento y bajas pérdidas de energía, los bancos de capacitores son los compensadores más empleados en la industria.

### Ventajas de Compensar el Factor de Potencia

Las ventajas de mejorar el factor de potencia de una instalación industrial son:

- 1) Reducción de la factura eléctrica.
- 2) Liberación de capacidad en el sistema.
- 3) Reducción de las pérdidas de potencia y energía en el sistema.
- 4) Mejoramiento de las condiciones de voltaje en el sistema.

## 1.5.3 Reducción de la factura eléctrica.

El uso principal de los capacitores en la industria y a menudo el factor determinante para emplear motores sincrónicos en una instalación es la presencia en la tarifa eléctrica de una penalización por bajo factor de potencia.

Es común para inversiones de capacitores, que estas se paguen en plazos muy pequeños  $\frac{1}{2}$  - 3 años para capacitores de 460 – 575 V o 2 – 6 años para capacitores de 230 V, solo por concepto del ahorro obtenido con la eliminación de la penalización por bajo factor de potencia.

Como se sabe, la tarifa eléctrica cubana cobra mensualmente la electricidad por una expresión como la siguiente:

$$\left( \begin{array}{c} \text{Factura} \\ \text{eléctrica} \end{array} \right) = \left( \begin{array}{c} \text{Importe de} \\ \text{facturación normal} \end{array} \right) \cdot \left( \begin{array}{c} \text{Coeficiente K de penalización} \\ \text{o bonificación por fp} \end{array} \right)$$

Donde se utiliza como coeficiente K de penalización o bonificación:

$$K = \begin{cases} 0.9 / fp_{MP} & \text{si } fp_{MP} < 0.90 \\ 1 & \text{si } 0.90 \leq fp_{MP} \leq 0.92 \\ 0.92 / fp_{MP} & \text{si } fp_{MP} > 0.92 \text{ hasta } fp_{MP} = 0.96 \end{cases}$$

De esta forma, el efecto en la factura de un incremento del factor de potencia puede ser considerable si el factor de potencia inicial es inferior al 90%. Por lo general, para tomar plena ventaja de la bonificación, se acostumbra compensar hasta un factor de potencia cercano al 96%.



## **Conclusiones.**

En el capítulo quedó establecido el marco Teórico - Metodológico de la investigación, se definió los conceptos básicos del sistema eléctrico de distribución, los métodos de cálculo, la selección de los esquemas, la utilización de los diferentes consumidores a emplear en las industrias, lo cual constituye el punto de partida para el desarrollo del estudio del sistema eléctrico de distribución de la Empresa Mecánica del Níquel.



## **CAPITULO II: Materiales y Métodos.**

---

### **Introducción.**

En este capítulo se estudia el sistema eléctrico de distribución general de la Empresa Mecánica del Níquel (EMNI) así como de cada centro de carga desde que se inició la empresa, haciendo una comparación de los consumos alcanzados desde el año 2001 hasta la actualidad, los diferentes cambios y medidas tomadas a raíz de la revolución energética por la necesidad de lograr el máximo ahorro en el consumo de energía eléctrica, además actualizar el sistema eléctrico de distribución general.



## **2.1 Caracterización General de la Empresa.**

La Empresa Mecánica del Níquel es llamada fábrica de fábricas porque tiene la tarea de ocuparse de las actividades de diseños especializados y fabricación de elementos y conjuntos mecánico de las industrias del Níquel. En la Empresa se trabajaba 24 horas y desde el punto de vista del aseguramiento de la confiabilidad y continuidad de la alimentación se encontraba en la **primera categoría**. En la actualidad debido al ahorro energético en que estamos emergidos para contribuir a la economía del país solo se trabaja 12 horas pero conserva su categoría por haber sido creada para solucionar los problemas que puedan surgir en las industrias Niquelíferas.

### **Producciones que se pueden obtener en la Empresa.**

- La fabricación de piezas y conjuntos por la elaboración mecánica en máquinas herramientas.
- Fabricación de construcciones metálicas, componentes y equipos mecánicos.
- Elaboración por fundición de metales ferrosos y no ferrosos y sus aleaciones.
- Fabricación de artículos técnicos de goma.
- Recuperación de elementos mecánicos desgastados.
- Fabricación y recuperación de herramientas, dispositivos, plantillas metálicas.
- Tratamiento térmico y galvanotecnia.
- Reparación capital de equipos automotores y de sus unidades y conjuntos.
- Reparación capital de equipos eléctricos (transformadores, motores eléctricos, interruptores).
- Producción de gases industriales de acetileno.

### Características técnicas fundamentales.

La Empresa tiene la tarea de ocuparse de las actividades de diseños especializados y fabricación de elementos y conjuntos mecánico a través de la normalización.

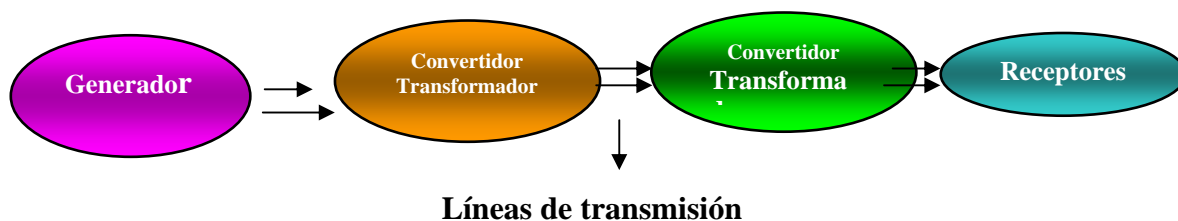
En la Empresa se realizan producciones que se caracterizan por ser de pequeñas, medianas, grandes formatos y unidades, pero de pequeñas serie, se han automatizado con tecnología moderna en casi todos los talleres, no en su totalidad pero ya se cuenta con algunos autómatas que realizan producciones en serie, el resto del equipamiento son máquinas y equipos universales y otras máquinas especiales que garantizan en gran medida la mecanización.

### 2.2 Sistema de alimentación Eléctrico de la Empresa.

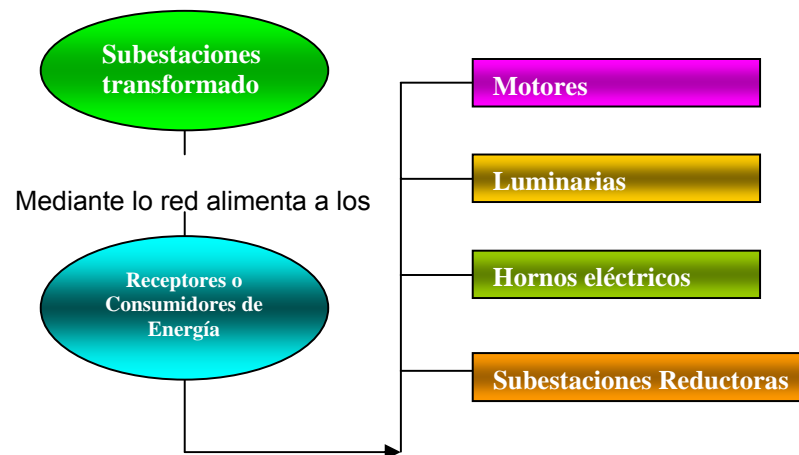
La Energía Eléctrica, es la energía más limpia y eficiente en su transmisión y consumo dado entre otras causas por la posibilidad de transmisión a grandes distancias con pequeñas pérdidas. Un paso importante en el avance tecnológico fue la invención de las máquinas eléctricas como componente fundamental de los sistemas eléctricos:



Un sistema eléctrico, es el sistema diseñado para hacer llegar la energía eléctrica desde las fuentes generadoras hasta los receptores, tal como se muestra en el organigrama que sigue:



Un sistema eléctrico industrial podemos definirlo de acuerdo al mapa conceptual que sigue:



La recepción y distribución de la energía eléctrica en la Empresa Mecánica del Níquel, se realiza a través de un sistema radial integrada por la subestación reductora principal de 33.5/10.5 KV conectada a la red nacional. Esta suministra la energía eléctrica a las nueve subestaciones interiores y puntos de distribución. Ver (anexo 5) Monolinial general de la Empresa.

### 2.3 Características de la subestación de la Empresa.

La subestación de la Empresa está estructurada por una pizarra de control donde se manipulan los interruptores automáticamente, cuenta con una sala de distribución con diferentes cubículos donde se encuentran situados los interruptores de diferentes valores de corrientes, tiene además un UPS (sistema de respaldo y protección que le suministra energía a los circuitos operativos de señalización y alarma) y un grupo electrógeno de emergencia (G.E.E) que le suministra energía a la Empresa en caso de alguna avería del SEN. En el patio exterior se encuentran dos transformadores reductores (Y/ $\Delta$ ) de 1 MVA cada uno hace posible la unión de la empresa con el SEN se conocen en la industria como 1T y 2T, los mismos son de fabricación soviética con una altura aproximada de 2m, presentan enfriamiento por aire a través



### **2.3.1 El esquema del sistema de suministro eléctrico general de la empresa está estructurado de la siguiente forma:**

La Empresa cuenta con dos líneas de entrada de 33 KV que provienen de la subestación de Centeno, la línea **L1- 6515** y **L2- 6150**, además de un grupo electrógeno de 618 kVA.

La línea **L1-6515**: alimenta un juego de cuchilla con conexión y desconexión manual, la cuchilla 6267 (200 A) de conexión de la alimentación y la cuchilla 6269, de conexión a tierra, esta línea alimenta un transformador reductor ( $T_1$ ) de 1 MVA soviético, con enfriamiento en aceite y ventilación forzada a través de ventiladores, el transformador  $T_1$  alimenta el juego de barra N<sup>o</sup> 1 a través de un totalizador – H279 tipo (KBЭТ) 10 KV, 1000 A.

Entre el totalizador 1 (cubículo -1 de la barra N<sup>o</sup> 1) y el  $T_1$  de entrada se encuentra el transformador de 63 KVA, 10/0.23 KV de conexión Y/Y<sub>H</sub>. Este se alimenta a través de un fusible H272 de 8 A, el cual le suministra energía al USO PLANTA (U/P H1).

USO PLANTA: consumo propio de la subestación, le suministra energía al alumbrado del patio, el alumbrado interior, la pizarra de control, la sala de distribución etc.

En la barra N<sup>o</sup> 1 a través del cubículo-5 se alimenta el transformador Potencial tipo: HTMI 10- 88. Este transformador Potencial tiene como función principal mantener el voltaje estable. Reduce el voltaje de 11000/100 V para los circuitos de medición, señalización de bajo y alto voltaje, además posee una delta abierta que tiene un devanado auxiliar para detectar cualquier falla de aislamiento, esta señal no va a la unidad de disparo sino emite una señal lumínica a la pizarra de control.

En el cubículo-7 se encuentra el descargador valvular que protege el  $T_1$  y la barra N<sup>o</sup> 1 de 10KV contra las descargas atmosféricas.

**La línea L2- 6150:** (de reserva) alimenta un juego de cuchilla con conexión y desconexión manual, la cuchilla 6270 (200 A) de conexión a la línea y la cuchilla de conexión a tierra – 6272 esta línea alimenta un transformador reductor T<sub>2</sub> soviético de 1 MVA.

Entre el totalizador<sup>2</sup> – H281 (cubículo-31 de la barra N<sup>o</sup> 2) y el T<sub>2</sub> de entrada se encuentra el transformador de 63 KVA, el cual se alimenta a través del fusible H282 de 80 A y abastece el USO PLANTA - 2.

En la barra N<sup>o</sup> 2 a través del cubículo-27 se alimenta el transformador Potencial que reduce el voltaje de 11000/100 V para los circuitos de medición.

En el cubículo-25 se encuentra el descargador valvular que protege el T<sub>2</sub> y la barra N<sup>o</sup> 2 de 10KV contra las descargas atmosféricas.

La barra N<sup>o</sup> 1 tiene 9 interruptores de tipo KBЭT10 -25 10 kV, ocho interruptores de 150 A y uno de 600 A.

La barra N<sup>o</sup> 2 tiene 8 interruptores de tipo de tipo KBЭT10 -25 10 kV, siete interruptores de 150 A y uno de 600 A.

Ambas barras se unen por un interruptor de enlace H – 280 tipos KBЭT10 -25 10 kV y 600 A, además tiene un disyuntor de enlace H – 28.

- La barra de distribución N<sup>o</sup> 1 por el interruptor -9 de 150 A, se alimenta el centro de carga CC - 1.
- La barra de distribución N<sup>o</sup> 2 por el interruptor -19 de 150 A se alimenta el centro de carga CC - 2.
- La barra de distribución N<sup>o</sup>1 por el interruptor-13 de 150 A, y la barra de distribución N<sup>o</sup>2 por el interruptor- 21 de 150 A se alimenta el centro de carga CC-3.
- La barra de distribución N<sup>o</sup> 1 por el interruptor - 8 de 150 A se alimenta el centro de carga CC-4.

- La barra de distribución N<sup>o</sup>1 por el interruptor-12 de 150 A, y la barra de distribución N<sup>o</sup>2 por el interruptor- 22 de 150 A se alimenta el centro de carga CC-5.
- La barra de distribución N<sup>o</sup>1 por el interruptor-6 de 150 A, y de la barra de distribución N<sup>o</sup>2 por el interruptor- 26 de 150 A se alimenta el centro de carga CC-6 y CC-7.
- La barra de distribución N<sup>o</sup> 1 por el interruptor -10 de 600 A, y la barra de distribución N<sup>o</sup> 2 por el interruptor -24 de 600 A se alimenta ПП – 10.
- La barra de distribución N<sup>o</sup>1 por el interruptor-14 de 150A, y la barra de distribución N<sup>o</sup>2 por el interruptor-20 de 150 A se alimenta el centro de carga CC- 8.
- La barra de distribución N<sup>o</sup>1 por el interruptor-16 de 150A, y la barra de distribución N<sup>o</sup>2 por el interruptor-18 de 150A se alimenta el centro de carga CC-9
- El interruptor-11 (150 A) de la barra de distribución N<sup>o</sup> 1 está de reserva.
- El interruptor-23 (150 A) de la barra N<sup>o</sup> 2 alimenta al horno de arco eléctrico.

**Tabla 2.1 Datos nominales de los transformadores de entrada y de CC.**

Datos de los transformadores	Entrada	Centros de cargas
Tipo de transformador	ТАПС 10 000/35	ТМЭ 1000/10
Tensión Nominal kV	35/10.5	10.5/0.48
Pot. Nominal del Transf. KVA	10 000	1000
Corriente nominal A	175/550	57.7/1203
Perdidas de pot. En vacío kW	10.3	2.5
Perdidas de Pcc kW	56.4	12.2
Tensión de cortocircuito %	9.55	5.5
Corriente de marcha en vacío %	0.21	1.4
Coef de incre de perd kW/kVAr	0.1	0.15
Costo del transformador MP	10.33	2.32
Conexión	Y <sub>H</sub> /Δ – 11	Δ / Y <sub>H</sub> – 11 aterrada
Cantidad de transformadores	2	13

## 2.4 Descripción de los centros de cargas.

**El centro de carga (CC-1)** tiene un transformador de entrada de 1 MVA que alimenta a la UEB de estructura metálica a través de un interruptor de 1600 A, suministrándole energía a las barras y puntos de distribución. El centro de carga tiene además un transformador seco 440/220/24 V para la señalización, sistema de control (sistema de desconexión y conexión de las protecciones), y no posee ningún circuito de reserva.

**El centro de carga (CC-2)** este centro de carga posee un transformador de 1 MVA que alimenta a través de un interruptor de 1600 A el taller de volvo y una sección de la UEB de reparaciones capitales automotriz. Este centro de carga se subordina al CC-3.

**El centro de carga (CC-3)** este centro de carga posee dos transformadores (uno está de reserva) de 1 MVA cada uno y alimenta a través de un interruptor de 1600 A la otra sección de la UEB de reparaciones capitales automotriz, la UEB de capitales eléctricas (enrollado, horno secado y quemado de motores, etc.), edificio administrativo (dirección general de la empresa, recursos humanos, dirección de economía, la importadora del Níquel, oficina metrología de la empresa de SERCONI).

**El centro de carga (CC-4)** este centro de carga posee un transformador de 1 MVA que alimenta a través de un interruptor de 1600 A el área pesada, el área de fresas, área de galvanotécnico de la UEB de maquinado, además el taller de mantenimiento industrial perteneciente a la UEB de mantenimiento. Este centro de carga se subordina al CC-5.

**El centro de carga (CC-5)** este centro de carga posee dos transformadores (uno está de reserva) de 1 MVA cada uno y alimenta a través de un interruptor de 1600 A el área ligera, área de tratamiento térmico, oficinas de dirección de la UEB de maquinado y mantenimiento industrial y sector de gomas.



**El centro de carga (CC-6)** este centro de carga posee dos transformadores (uno está de reserva) de 1 MVA cada uno y alimenta a través de un interruptor de 1600 A al taller de fundición específicamente a los consumidores de voltajes menores de 480 V, además del área de samblanting que pertenece a la UEB estructura metálica.

**El ПП – 10** le suministra energía al sistema de fuerza de los hornos 1 y el horno 2 de acero y horno 3 de hierro.

**El centro de carga (CC-8)** este centro de carga posee dos transformadores (uno está de reserva) de 1 MVA cada uno y alimenta a través de un interruptor de 1600 A a los siguientes consumidores: comedor zona 2 y almacenes de la ESUNI, almacenes de la empresa EMNI, gases industriales de Holguín, mantenimiento y enrollado de transformadores, taquilla y ducha (oficinas de factores y dirección de mantenimiento, taller de mantenimiento, puesto médico, oficina de seguridad – salud – medioambiente – calidad SSMAC) ingeniería y diseño, electrónica, instrumentación, casa de protocolo, mantenimiento, automotriz.

**El centro de carga (CC-9)** este centro de carga posee dos transformadores (uno está de reserva) de 1 MVA cada uno y alimenta a través de un interruptor de 1600 A al local de compresores, estación de bombas de recirculación de agua potable y no potable, la carpintería de la ESUNI, la planta de acetileno, plantillaría, taller de reparación de válvulas y escuela de soldadura.

**Tabla 2.3 Tipos de interruptores de los centros de cargas.**

C. de cagas	Cant. de interrump	interrp de ent	interrp de distrib	interrup de enlac	Observaciones
CC - 1	11	1600 A tipo Э25	400 A tipo Э06		
CC - 2	6	1600 A tipo Э25	400 A tipo Э06		Tiene un interruptor de enlace de tipo Э06 de 400 A
CC - 3	8	1600 A tipo Э25	400 A tipo Э06	1000 A tipo Э16	
CC - 4	2	1600 A tipo Э25	400 A tipo Э06		Tiene un interruptor de enlace de tipo Э06 de 400 A
CC - 5	8	1600 A tipo Э25	400 A tipo Э06	1000 A tipo Э16	
CC - 6	6	1600 A tipo Э25	400 A tipo Э06	1000 A tipo Э06	Accionamiento con motor
CC - 7	5	1600 A tipo Э25	400 A tipo Э06	1002 A tipo Э16	
CC - 8	10	1600 A tipo Э25	400 A tipo Э06	1003 A tipo Э16	
CC - 9	10	1600 A tipo Э25	400 A tipo Э06	1004 A tipo Э16	

Tabla 2.4 Transformadores subcargados.

No	Transformador	Ubicación	Lugar	Carga %
1	1 de 10 MVA	Entrada	SER	15
2	2 de 10 MVA	Entrada	SER	15
3	1 de 1 MVA	CC1	T06	15
4	1 de 1 MVA	CC2	T04	15
5	1 de 1 MVA	CC3	T04	20
6	1 de 1 MVA	CC3	T04	20
7	1 de 1 MVA	CC4	T07	20
8	1 de 1 MVA	CC5	T07	25
9	1 de 1 MVA	CC5	T07	25
10	1 de 1 MVA	CC6	T08	25
11	1 de 1 MVA	CC6	T08	25
12	1 de 1 MVA	CC8	Oxígeno	30
13	1 de 1 MVA	CC8	Oxígeno	30
14	1 de 1 MVA	CC9	Compres.	35
15	1 de 1 MVA	CC9	Compres.	35
16	1 de 1 MVA	Acero1	Fundición	100
17	1 de 1 MVA	Acero2	Fundición	100
18	1 de 1 MVA	Arco	Fundición	100
19	1 de 1 MVA	Hierro	Fundición	100

En la tabla se observa que la mayoría de los transformadores instalados en la Empresa están subutilizados excepto los transformadores de los hornos de de fundición.

#### **2.4.1 Principales consumidores por cada UEB.**

De la UEB de fundición que se alimenta de CC-6, CC-7, y PΠ – 10, los principales consumidores están dentro del circuito PΠ – 10, estos son 3 hornos (500 kW) además existe un horno de arco eléctrico que se alimenta del cubículo 23 de la sección -2 de la subestación eléctrica reductora (SER).

En la UEB de maquinado que se alimenta del CC-5 y CC-4, los consumidores que mas inciden en le consumo son los hornos de tratamiento térmico, tornos de carrusel 1540 y 1532, Mandrinadora 108 y 109.

La UEB de estructura metálica se alimenta del CC-1 donde tenemos la Grallanadora y cámara de pintura, tala biceladora y la cizalla de 32 mm estos son los que más consume en este taller.

En la UEB de capitales eléctricos que se alimenta de la CC-3 los mayores consumidores son los hornos de quemado y los tres hornos de secado de motores, la balanceadora.

En el área de compresores perteneciente a la (CC-9), se subordina a la UEB de mantenimiento, en esta área los mayores consumidores son tres compresores con una potencia 111 kW cada uno y dos bombas de 75 kW.

## 2.5 Análisis de los consumos en la Empresa Mecánica del Níquel.

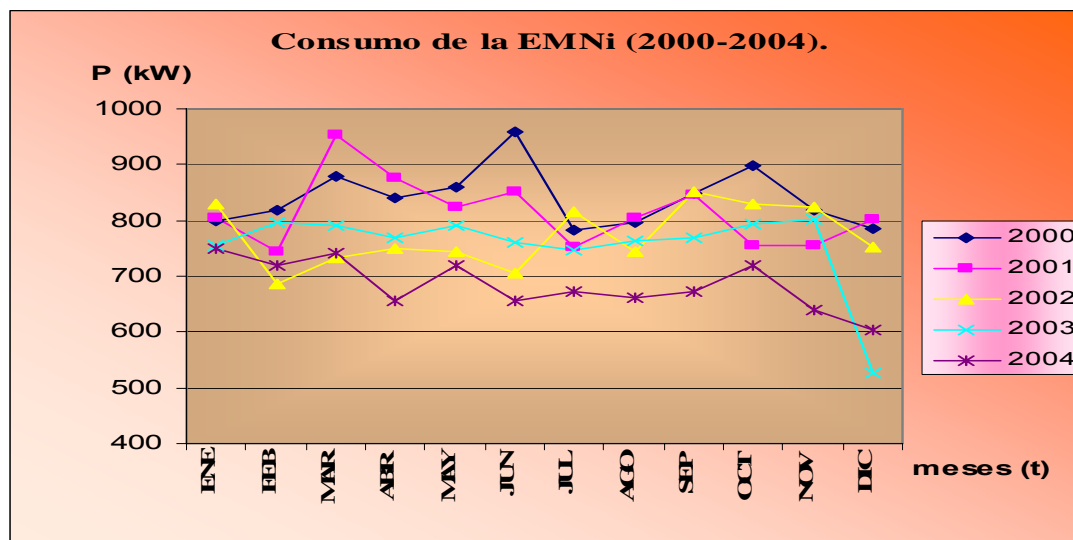
Durante los últimos años la reducción de costos de energía en la industria ha sido objeto de cuidadosa atención. Esto se ha venido logrando con la aceptación e incorporación de medidas que permitan implementar los proyectos de ahorro y establecer un programa sostenible a través de los estudios de Optimización del Uso de la Energía Eléctrica.

La industria es uno de los sectores de la sociedad más necesitados del ahorro de energía, ya que su logro supone una mayor competitividad. Son grandes consumidoras de electricidad, aplican en sus procesos de producción diversas estrategias de producción y tecnologías para reducir al máximo el consumo de electricidad.

### Tablas del comportamiento de la energía de la EMNi desde 2000 hasta 2009.

Tabla 2.5 2000 - 2004

COMSOMOS POR MESES EN (MWh) EN LA EPRESA MECANICA DEL NIQUEL (2000-2004)												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2000	798	819	879	840	860	960	783	795	849	897	819	785
2001	804	744	954	876	825	852	753	804	846	756	756	802
2002	828,91	685,8	733,68	749,11	744,98	704,44	816,05	745,14	852	828,91	825,2	750,93
2003	755,8	795,9	789,7	768	792,1	760	747,9	764,6	770	794,2	801,4	526,4
2004	750	717,96	742,3	656,56	718,44	656,66	671,42	661,03	673,4	719,8	638,91	603



En la siguiente tabla se quedan reflejadas las diferentes inversiones realizadas en la empresa entre 2005 y 2009.

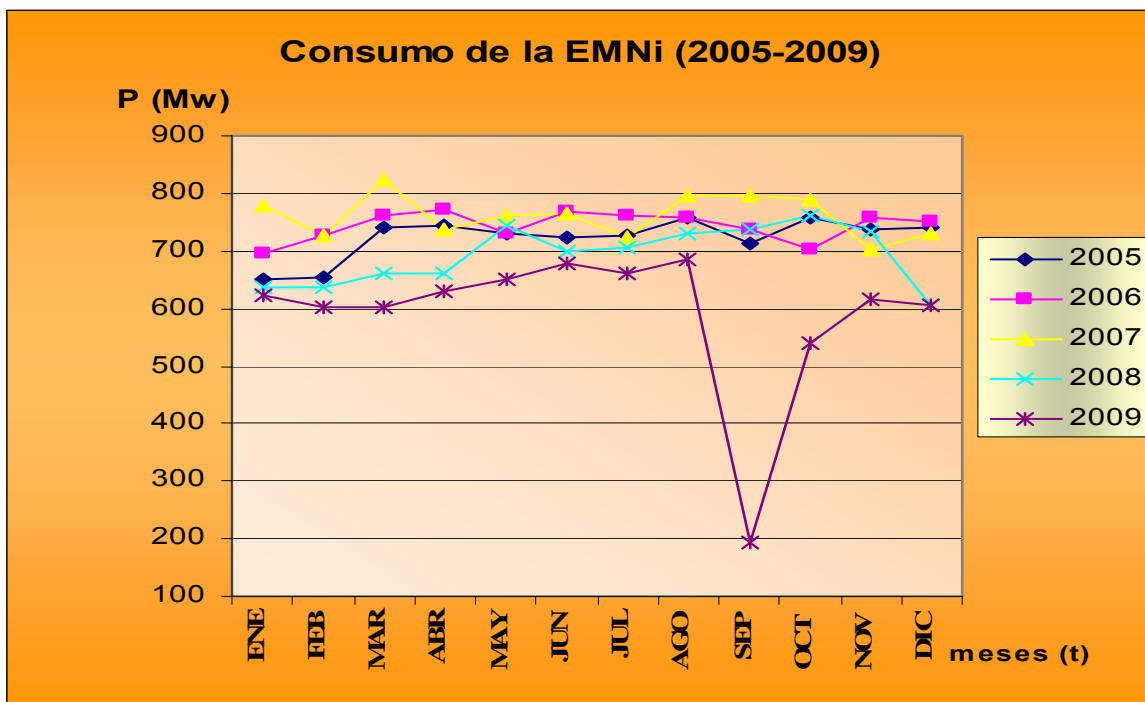
**Tabla 2.4 Actualización de los equipamientos en las UEB de la Empresa.**

Talleres	Sustituciones	Nuevos equipos
Fundición	Se eliminó 2 hornos de inducción de convertidor rotarios de 500 kW, por 2 hornos de inducción de convertidor estáticos de igual potencia.	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Moldeo químico Autofraguante (Turbomezclador) de 21 kW</li><li>▪ Trituradora combinada 222 (desmoldeadora) de 40 kW</li><li>▪ Un nuevo sistema de moldeo de 6.27 kW</li><li>▪ Una Grallanadora 65 kW</li></ul>
Constr-metal	Se eliminó el área de Forja y se instaló el Sistema de Granallado y Pintura de 65 kW, una Máquina CNC Challengers (Pantógrafo) de 5,60 kW y una Máquina de Soldadura por Arco Sumergido de 58 kW.	
Oxígeno	Se sustituyó dos compresores de por un motor con su bomba	
Taller de maquinado	Se sustituyó 4 tornos (16 k20 R25P-2) de 11.92 kW, por 4 tornos modernos de 11.69, un torno (M63HΦ) de 14.62 kW, por otro moderno de 16.28 kW y 4 fresa de 9.7 kW, por 4 de modernas de 15 kW	<ul style="list-style-type: none"><li>▪ Torno (TCN11) de P = 30 kW</li><li>▪ Torno (TC14) de P = 80 kW</li></ul>
Rep - capit eléctricas	Se cambió una balanceadora de 22 kW, por una de moderna de 11 kW.	
compresores	Se sustituyó 4 compresores de 200 kW cada uno y se instalaron 3 compresores modernos de 111 kW cada uno.	

Luego de estas invasiones el consumo de la empresa se redujo considerablemente, lo podemos observar en la siguiente tabla:

**Tabla 2.6 2005 - 2009**

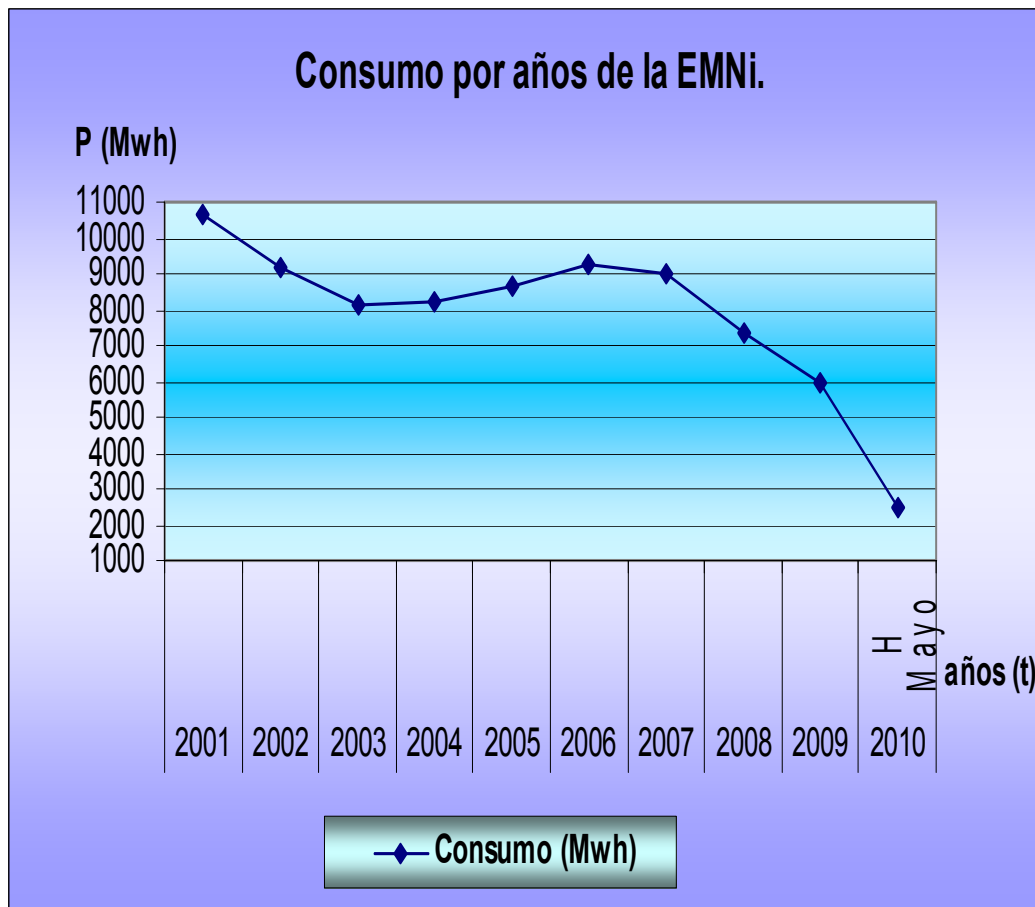
COMSOMOS POR MESES EN (MWh) EN LA EPRESA MECANICA DEL NIQUEL (2005-2009)												
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
2005	650	654,73	739,32	743	730,15	722,42	725,66	758,71	713,45	758,88	736,13	742
2006	695,34	728,39	761,23	771	730,08	767,82	760,96	756,88	736,13	704,26	759,4	750,12
2007	777,34	726,91	824,9	738,7	761,9	765,1	723,57	794,91	796,45	790,43	704,26	732,02
2008	636,55	637,31	661,57	660,36	743,85	698,08	705,63	730,3	738,16	761,43	732,74	604,84
2009	622,69	601,63	601,63	631,54	651,72	678,25	660,07	683,63	191,82	540,65	617,42	605,24



En esta tabla mostramos el comportamiento de la energía desde 2005 hasta 2009. A partir del 2008 observamos una disminución del consumo esto se debe a las diferente inversiones que se hicieron para mejorar el equipamiento y disminuir el consumo energético de la Empresa, el bajo consumo en el mes de septiembre se debe a la afectación de del fluido eléctrico debido al paso del Huracán IKE.

**Tabla 2.6 Consumo general de la EMNi.**

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
										Hasta Mayo
Consumo (MWh)	10635	9186,2	8137	8214	8677	9251	9013,1	7381,7	5999	2494,7



## 2.6 Grupo electrógeno de la Empresa.

El grupo electrógeno (Heimer) de la empresa Mecánica del Níquel tiene como objetivo resolver las siguientes actividades, imprescindibles a mantener, en caso de falla del Sistema energético o en cumplimiento del régimen en la interrupción eléctrica.

- Bombeo de circulación y recirculación del agua de enfriamiento para Hornos y compresores, sin agua de enfriamiento a presión, provoca daños por revestimiento de horno equivalente a 2059.34 USD (Dos hornos llenos de metal, afectados).
- Mantener activas algunas máquinas herramientas, para producciones priorizadas de la Industria del Níquel.
- Mantener alumbrado de seguridad y protección.
- Mantener energizado el circuito de la Dirección General de la Empresa.
- Mantener energizado el circuito perteneciente al puesto medico y comedor.

### Grupo Electrónico Heimer







El grupo electrógeno fabricado por: Heimer-Brasil, Modelo: ATED 40/38 proporciona bajo nivel de sonido, el motor funciona en operación stand by o continúa así en paralelo con la red eléctrica, su estructura mecánica es muy resistente.

**Datos:**

**S = 618 kVA, P = 494, 4 kW, n = 1800 rpm, I = 811 A,  $V_{ext} = 63 V$ ,  $\cos \varphi = 0, 80$**

- Tipo: Sincrónico, 4 polos, la conexión trifásica, la regulación de voltaje electrónica dentro de 2%.
- Dimensiones: el juego abierto: 4.20m L x 1.40m W x 2.20m H-5.500 Kg.
- Capacidad de generación, 494, 4 kW.
- A un 75 % debe consumir 134, 00 L en una hora.
- El índice de consumo es de 200,0 g por 1,0 Kwh.
- El índice de consumo que da el fabricante es de 4,0 kw por 1,0 Litro.
- Para el índice de consumo, es importante saber la densidad de un Litro.

**Ejemplo:**

Si un litro tiene 800 g sería 4,0 Kwh.

Promediando el GE, 70,0 L Por hora, en 24,0 hora = A 1680,0 L en

En V1 y V2, tenemos 5471,2 L, para una cobertura de 3,25 días.

**Cobertura de los Tanques de combustibles:**

V1 = 7884, 00 L V2 = 9896, 00 L V19 = 1142, 00 L TOTAL = 18922, 00 L

**Tabla 2.6**

Potencia	Consumo		Tanque auxiliar	Cobertura Real en el día	
	En 75 %	M <sup>3</sup> X 10 Días	M <sup>3</sup>	6 h por días	24 h por día
Heimer 618 KVA	134,0 Lts	8,0 M <sup>3</sup>	20,0 M <sup>3</sup>	25 días	6 días



## **Conclusiones.**

En este capítulo se realizó una caracterización general del sistema eléctrico de distribución general de la Empresa Mecánica del Níquel, así como de cada centro de carga donde se hizo un levantamiento de cargas, se conoció los equipos de mayor consumo, las inversiones efectuadas en estos últimos años, con estos elementos se logró hacer un análisis del consumo energético desde el 2000 hasta el 2009 y por último se caracterizó el grupo electrógeno de la Empresa.



## **CAPITULO III. Resultados y Discusión.**

---

### **Introducción.**

En este capítulo presentaré la comparación del consumo de energía eléctrica antes y después de las inversiones realizadas, la actualización del monolineal de la empresa, propuesta de solución al problema que se ha detectado en el centro de carga CC -1 y su valoración económica.

### 3.1 Actualización del monolineal de la Empresa Mecánica del Níquel.

Con el estudio realizado en cada centro de carga pudimos observar las siguientes anomalías no previstas en el diagrama monolineal:

- El cable proveniente del cubículo 19 que alimenta el centro de carga CC-2 está averiado, por lo tanto la carga la asume los transformadores de 1 MVA del centro de carga CC-3.
- El centro de carga CC-1 no tiene circuito de reserva, lo que significa que la UEB de Estructura Metálicas se queda sin energía a la hora de realizar los mantenimientos planificados, y en caso de avería en el transformador o en el conductor de 10 kV que lo alimenta afectaría a la producción.
- Los Compresores de de aire soviético se sustituyeron por compresores modernos significando en el centro de carga CC-9 una subutilización de sus transformadores.
- El centro de carga CC-7 está acoplado con el centro de carga CC- 6 a través del circuito 480 V, para disminuir el costo de la inversión del horno-1 (evitar la compra de un transformador).
- El horno de fundición de arco eléctrico salió de operación.
- Los compresores de la planta de oxígeno están fuera de servicio y pertenecen en la actualidad a Gases Holguín.
- Adquisición de un grupo electrógeno para ser utilizado en los horarios pico y en caso de avería.

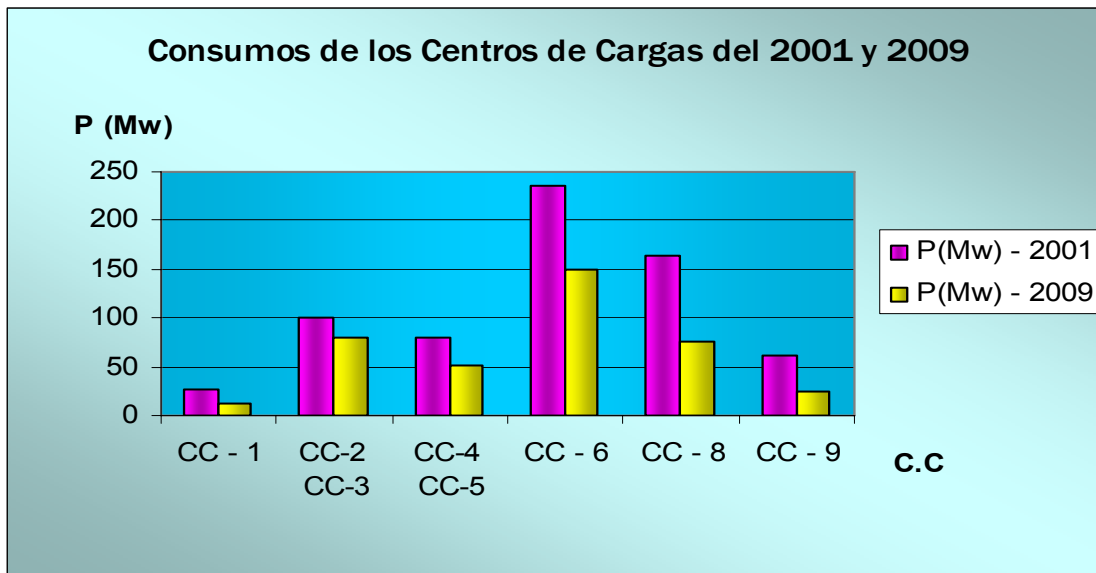
En las siguientes tablas se definen las configuraciones y potencias de los diferentes centro de cargas.

**Tabla 2.7 Año 2001.**

<b>Centros de carga</b>	<b>Consumidores</b>	<b>Potencia (MW)</b>
CC-1	Taller estructuras metálicas (T-06)	27,37
CC-2 , CC-3	Taller de Rep.Cap. Eléctrica (T-05), Taller de Rep.Cap. Automotrices (T-04), edificio administrativo, volvo.	101,04
CC-4 , CC-5	Taller maquinado (T-07) y mantenimiento industrial.	80,88
CC-6	Taller de fundición (T-08)	236.68
CC- 9	Compresores, Bombas, plantillaría, residuales, carpintería, escuela de soldadura, almacenes, acetileno.	164,40
CC-8	Oxígeno, taller 14 y 15, cocina comedor.	61,47

**Tabla 2.8 Año 2009.**

<b>Centros de carga</b>	<b>Consumidores</b>	<b>Potencia (MW)</b>
CC-1	Taller estructuras metálicas (T-06)	13.19
CC-2 , CC-3	Taller de Rep.Cap. Eléctrica (T-05), Taller de Rep.Cap. Automotrices (T-04), edificio administrativo, volvo.	80.17
CC-4 , CC-5	Taller maquinado (T-07) y mantenimiento industrial.	50.29
CC-6	Taller de fundición (T-08)	150,14
CC- 9	Compresores, Bombas, plantillaría, residuales, carpintería, escuela de soldadura, almacenes, acetileno.	79.67
CC-8	Oxígeno, taller 14 y 15, cocina comedor.	25.55



En este gráfico podemos observar la notable reducción del consumo eléctrico en la empresa, por ejemplo: el taller de fundición el mayor consumidor de la empresa redujo su consumo de 236.68 a 150 MW, después que se eliminó 2 hornos de inducción de alta frecuencia de convertidores rotarios de 500 kW, por 2 hornos de inducción de alta frecuencia de convertidores estáticos de igual potencia y se eliminó el horno de arco eléctrico.

En este caso los hornos de inducción de convertidor estáticos tienen la misma potencia que los hornos de inducción de convertidor rotarios pero aporta un gran ahorro para la Empresa debido a que el tiempo que se demora en ejecutar una colada es de 45 min mientras que el horno de inducción rotatoria demoraba 2 o 3 horas, el resultado está en que el plan de producción, en un día se pudo realizar el plan de producción en menos tiempo, lo que proporciona un gran ahorro de energía eléctrica y un mejor mantenimiento.

## **Diagrama monolineal actualizado de la Empresa Mecánica del Níquel anexo - 5.**

Con la actualización del monolineal se logró lo siguiente:

- Una mejor planificación del mantenimiento preventivo.
- Una operación más rápida en caso de alguna avería que se presente.
- Actualización del equipamiento tecnológico moderno.
- Darle de baja a los equipos obsoletos.

### **3.2 Diseño del nuevo sistema de respaldo para UEB de Estructuras Metálicas.**

Para el nuevo diseño del monolineal que queremos realizar en la empresa nos propusimos actualizar todo el equipamiento moderno y además hicimos un estudio profundo del consumo de la UEB de Estructura Metálicas que se alimenta del centro de carga CC-1 y la misma no cuenta con reserva de transformadores y tiene una potencia instalada de 0.51MWh.

Realizamos un estudio del consumo energético del centro de carga CC -9 y pudimos apreciar que después de realizada la inversión de los compresores la potencia instalada en ese local es de 0.48 MWh, por consiguiente este centro de carga cuenta con dos transformadores de 1MVA de potencia, uno de reserva y el otro de operación, apreciamos además que el centro de carga CC-9 está siendo utilizado en un 15% de su capacidad.

**Levantamientos de cargas de la UEB de Estructuras Metálicas.**

No.	EQUIPOS	CONSUMO			
		Portador	U.M	Nominal	Real Año
1	Cizalladora de chapas 32mm	Electricidad	MWh	0.04	14.62
2	Cizalladora de chapas 16mm	Electricidad	MWh	0.0265	9.69
3	Cizalladora de chapas 3mm	Electricidad	MWh	0.005	1.18
4	Cizalladora de perfiles	Electricidad	MWh	0.005	1.18
5	Prensa plegadora (Press-bake)	Electricidad	MWh	0.02	6.58
6	Prensa hidráulica 25 ton	Electricidad	MWh	0.0097	0.95
7	Prensa hidráulica	Electricidad	MWh	0.003	0.99
8	Taladro radial	Electricidad	MWh	0.011	3.62
9	Taladro radial	Electricidad	MWh	0.011	3.62
10	Taladro de columna	Electricidad	MWh	0.001	0.33
11	Máquina curvadora de chapas (Cilindro de 4 masas)	Electricidad	MWh	0.0832	27.37
12	Máquina curvadora de chapas (Cilindro de 3 masas)	Electricidad	MWh	0.0242	7.96
13	Máquina curvadora de chapas	Electricidad	MWh	0.01	3.29
14	Máquina curvadora de chapas	Electricidad	MWh	0.01	3.29
15	Máquina biseladora de cantos	Electricidad	MWh	0.052	21.99
16	Estación multiplaza para soldadura por arco eléctrico	Electricidad	MWh	0.024	2.90
17	Estación multiplaza para soldadura por arco eléctrico	Electricidad	MWh	0.024	2.90
18	Estación biplaza para soldadura por arco eléctrico	Electricidad	MWh	0.01	1.21
19	Estación monplaza para soldadura con gas argón	Electricidad	MWh	0.005	1.51
20	Estación monplaza para soldadura con gas argón	Electricidad	MWh	0.004	1.21
21	Estación semiautomática para soldadura en atmósfera de CO2	Electricidad	MWh	0.004	1.21
22	Estación semiautomática para soldadura en atmósfera de CO2	Electricidad	MWh	0.004	1.21
23	Estación semiautomática para soldadura en atmósfera de CO2	Electricidad	MWh	0.004	1.21
24	Estación semiautomática para soldadura en atmósfera de CO2	Electricidad	MWh	0.004	1.21
25	Estación para corte arco aire con electrodo de carbono	Electricidad	MWh	0.004	1.46
26	Estación para corte con plasma	Electricidad	MWh	0.004	1.46
27	Grúa viajera 20 Ton	Electricidad	MWh	0.0908	15.62
28	Grúa viajera 20 Ton	Electricidad	MWh	0.0908	15.62
29	Grúa viajera 8 Ton	Electricidad	MWh	0.0325	4.83
30	Grúa viajera 8 Ton	Electricidad	MWh	0.0325	4.83
31	Grúa eléctrica sobre esteras	Electricidad	MWh	0.075	38.33
32	Sistema de alumbrado taller	Electricidad	MWh	0.085	124.10
33	Consumo total en locales de oficinas y personal técnico	Electricidad	MWh	0.01	14.60
	Total			0.8192	342.04



**Levantamientos de cargas del taller de Compresores.**

No.	EQUIPOS	CONSUMO			
		Portador	U.M	Nominal	Real Año
1	Alumbrado	Electricidad	MWh	0.002	8.76
2	Oficinas	Electricidad	MWh	0.0015	6.57
3	Compresor 1	Electricidad	MWh	0.111	486.18
4	Compresor 2	Electricidad	MWh	0.111	162.06
5	Compresor 3	Electricidad	MWh	0.111	243.09
6	Bombas de circulación	Electricidad	MWh	0.075	246.38
7	Bombas de circulación	Electricidad	MWh	0.075	246.38
8	Bombas de circulación	Electricidad	MWh	0.045	98.55
9	Bombas de recirculación	Electricidad	MWh	0.03	87.60
10	Bombas de recirculación	Electricidad	MWh	0.03	87.60
11	Bomba de achique	Electricidad	MWh	0.05	0.18
12	Bomba de agua potable	Electricidad	MWh	0.03	43.80
13	Bomba de agua potable	Electricidad	MWh	0.03	43.80
14					
15	Total			0.7015	2029.86

Teniendo en cuenta que una falla en el transformador o la línea de alimentación del centro de carga CC-1 o cuando este entre en mantenimiento provocaría serias afectaciones a la UEB de Estructuras Metálicas en cuanto al cumplimiento de su planes de producción así como la prestación de servicio a las empresas del Níquel.

Elaboramos con los técnicos de la subestación y el técnico especialista de mantenimiento la estrategia de conectar desde el centro de caga CC-9 hasta el centro de carga CC-1 por la parte baja (480 V) a través de interruptores que se encuentra de reserva en dichos centros de cargas y así quedaría alimentada la UEB de estructura metálicas y poder acometer cualquier intervención sin afectación a la producción.

### **3.3 Efecto Económico**

Para realizar la valoración económica solamente tuvimos en cuenta las pérdidas económicas por concepto de la producción que se realiza mensualmente en la UEB de Estructuras Metálicas, si normalmente al centro de carga CC-1 que trabaja con un solo transformador se le planifica en el año dos tipos de intervenciones cada seis meses, una reparación corriente eléctrica y un servicio técnico eléctrico, necesitaríamos cuatro días para dichas intervenciones, conociendo que esta UEB elabora estructuras metálicas, fabrica tanques, piezas laminadas para la prestación de servicio a las empresas del Níquel y mensualmente produce 513697,4 CUC, que representa diariamente 17123,2 CUC, entonces en el momento de ejecutar el mantenimiento preventivo planificado representaría 68492,9 CUC de pérdidas en la producción mercantil.

Si existiese entonces una avería en el centro de carga CC-1 las afectaciones en la producción mercantil de la UEB de Estructuras Metálicas serían cuantiosas debido a la ausencia de un circuito de reserva.

Para resolver el problema nos propusimos enlazar el centro de carga CC-1 con el centro de carga CC-9 por la parte de baja tensión (480 V).

Para ello seleccionamos el tipo de cable a utilizar cable: 4x120 mm<sup>2</sup> para alimentar una línea magistral de un circuito de fuerza de la Empresa con tensión 480 V. La cual alimenta aun grupo de consumidores. La corriente de trabajo de la líneas 1203 A tomada de los datos de chapa del transformador ubicado en el centro de carga CC-9 Los cables tienen una longitud de 360 m y se emplearan interruptores de 1600 A tipo 325 que se encuentran de reserva en los centros de carga CC-1 y CC-9.

En las siguientes tablas mostramos los materiales y la mano de obra que utilizamos para la elaboración del nuevo circuito de reserva en la UEB de Estructuras Metálica.

materiales	u/m	cantidad	Precio CUC	Importe CUC
Cable 4x 120 mm <sup>2</sup>	m	360	63.30	22788.00
Terminales cobre 200 mm <sup>2</sup>	U	24	0.079	1.89
Soporte para bandeja	U	20	4.29	95.80
Equipo de izaje	L	15	0.50	7.50
<b>Total</b>				22893,19

Mano de obra	Tiempo/horas	Tarifa(CUC)	Importe(CUC)
Técnico Subestación	72	2.50	180.00
J de brigada	24	2.70	64.80
Técnico Mto	24	3.17	76.08
Electricista	48	2.50	120.00
Soldador	48	2.50	120.00
Chofer	16	2.45	39.20
<b>Total</b>			600.08

Al concluir con la parte económica el costo del proyecto sería de 23493.27 CUC en total, y haciendo una comparación con el gasto de 68492,9 CUC que proporciona el momento de ejecutar el mantenimiento preventivo queda reflejado que es mucho menor y evitaría las pérdidas en la producción mercantil.

<b>Total</b>	<b>23493,27CUC</b>
--------------	--------------------

✚ **Monolineal del enlace centro de carga CC-1y CC-9 ver en anexo-3.**



## **Conclusiones**

En este capítulo pudimos observar la utilidad de la actualización del monolineal de la Empresa, además del impacto económico y la importancia de la elaboración del nuevo circuito de respaldo en el centro de carga CC-1 perteneciente a la UEB de Estructuras Metálicas y por último realizamos la valoración económica.



## **Conclusiones Generales.**

---

Como conclusiones generales de este trabajo puedo explicar de manera general los resultados obtenidos durante la realización del trabajo de diploma, puntualicé de forma general los conceptos básicos de los sistemas de suministro eléctricos, caractericé detalladamente el sistema eléctrico de distribución de la Empresa Mecánica del Níquel, así como de cada subsistemas eléctrico dentro del circuito de distribución. Además de actualizar los equipamientos en las distintas UEB de la Empresa luego de efectuarse las diferentes inversiones, establecí una comparación del consumo de energía eléctrica desde el 2000 hasta 2009. Se describió el grupo electrógeno de la Empresa. Se propuso el diseño del nuevo sistema de respaldo para el taller de Estructuras Metálicas. Y se rediseñó el monolineal de la Empresa.



## **Recomendaciones.**

- Continuar con el acomodo de cargas en los diferentes centros de cargas puesto que los transformadores están subcargados, por ejemplo el centro de carga CC-2, CC-3 y CC-8
- Distribuir por cada centro de carga los monolineales correspondientes, para una mejor ejecución del trabajo de los electricistas.



## **Bibliografía.**

- [1] Suministro Eléctrico de Empresas Industriales. A. A. Feodorov y E. R. López
- [2] Guía técnica de la distribución eléctrica en baja tensión Schneider Electric. “Compensación de Energía Reactiva”, 2001.
- [3] Industrial Power Systems Handbook. Donald Beeman, 1955
- [4] IEEE Std. 141-1993: IEEE Recommended Practices for Electric Power Distribution for Industrial Plants.
- [5] IEEE Std. 241-1990: IEEE Recommended Practices for Electric Power Systems in Commercial Buildings.
- [6] Cuaderno Técnico Schneider CT-169. “El Diseño de Redes Industriales en Alta Tensión”, 1993.
- [7] Beeman, D. Industrial Power System Hand book. 2. ed. La Habana: Instituto Cubano del Libro, 1975. 971 p
- [8] Ivanov – Smoloenski, A.V. Máquinas Eléctricas: transformadores: t.1. Moscú: Editorial Mir, 1984. 472 p
- [9] Factores de demanda en plantas industriales y otros objetivos económicos. La Habana; EPROB-CECE, 1985. 6 h (Instrucción Técnica de Proyecto ITPE-7/85)
- [10] Feinberg, J. Power Station Electrician. Moscow: MIR Publishers, 1979. 520 p
- [11] Feodorov, A A, Suministro eléctrico de empresas industriales / A. A. Feodorov, Eduardo Rodríguez. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1982. 342 p
- [12] Kostenko, M. P. Máquinas Eléctricas: t. 1 / M. P. Kostenko, L. M Piotrovski. 2. ed. Moscú: Editorial Mir, 1979. 600 p
- [13] Llamo Laborí, Héctor. Transmisión de la Energía eléctrica mediante corriente alterna. La Habana; Facultad de Energética del ISPJAE, 1985. 306 h.
- [14] Suministro de electricidad y equipos eléctricos. Kiev; GIPROSELMASH, 1973. 42 h. (Proyecto Técnico de la Fábrica de Combinadas KTP-1 en la República de Cuba)
- [15] Stevenson, William D. Análisis de sistemas eléctricos de potencia. La Habana; Editorial Pueblo y Educación, 1982. 398 p.



- [16] Suministro eléctrico. El planteamiento de la obtención de energía eléctrica [www.sarenet.es/everest/conclusiones/suministro.htm](http://www.sarenet.es/everest/conclusiones/suministro.htm)
- [17] NoiderGomez C. Estudio del consumo de portadores energéticos en la Empresa Mecánica del Níquel. T.D 2000
- [18] Colome Arias Rafael. “Eficiencia y Restauración de cargas en las subestaciones de baja tensión en la Empresa CMDTE Gustavo Machin Goush de Beche” 2001.
- [19] Fuldner, Arthur H. "Upgrading Transmission Capacity for Wholesale ElectricPowerTrade" [http://www.eia.doe.gov/cneaf/pubs\\_html/feat\\_trans\\_capacity/w\\_sale.html](http://www.eia.doe.gov/cneaf/pubs_html/feat_trans_capacity/w_sale.html), U. S. Energy Information Administration, 1999.
- [20] Gabriel Hernandez R. “Eficiencia en los Sistemas Eléctricos Industriales de baja tensión” T.D.T.M 2000.



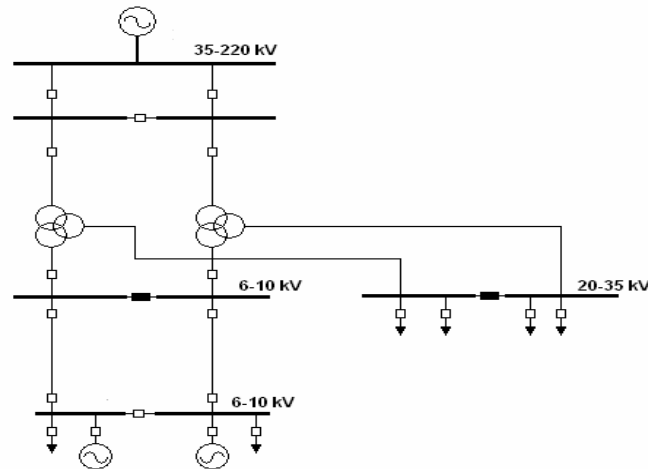
## **Anexos.**

### **Interruptor eléctrico.**



## Anexo2

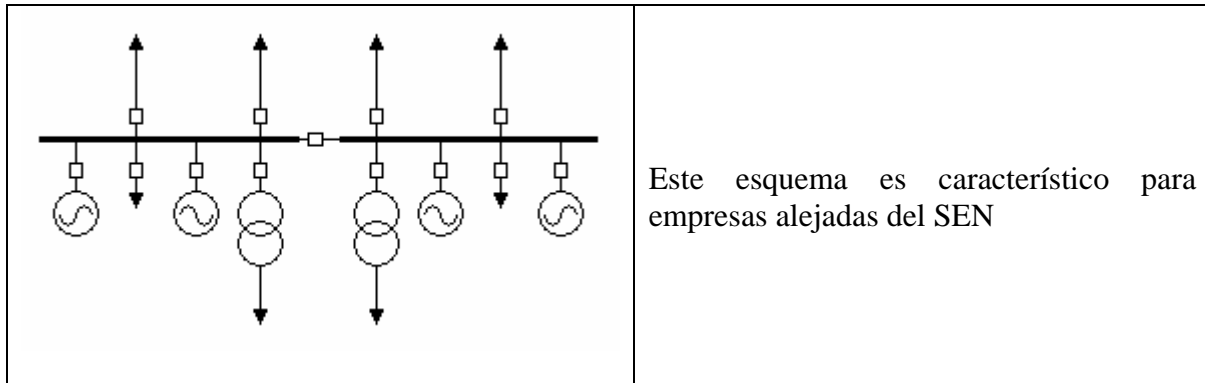
### Esquemas de suministro eléctrico.



### Esquemas para la alimentación en el sistema con la tensión de 35 – 220 kV

<p>Sin interruptor en la parte de alta tensión, se recomienda como más barato pero con menor seguridad en la explotación y se usa cuando la conexión y desconexión de los transformadores se realiza esporádicamente y muy frecuente.</p>	<p>Mas costoso pero con mayor grado de seguridad, Se emplea en caso de muchas conexiones y desconexiones frecuentes de los transformadores.</p>

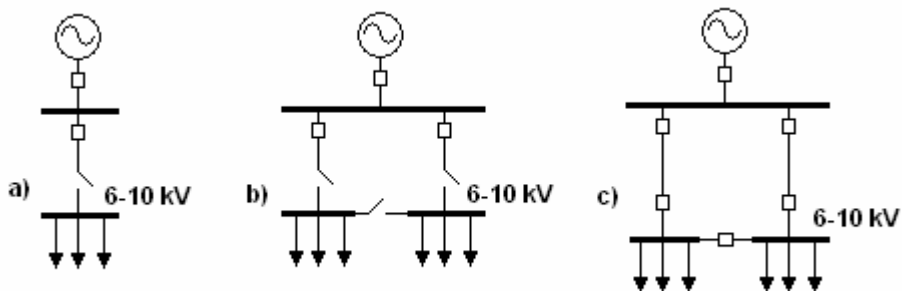
### Alimentación solamente de las plantas propias.



### Esquema de Suministro Interno.

Esquemas Radiales: Son aquellos donde la energía eléctrica del centro de alimentación (subestación principal, pto de distribución, etc). Se realiza directamente desde la subestación del taller sin modificaciones del proyecto de la alimentación para otros consumidores.

De lo dicho anteriormente se deduce que para la alimentación es necesaria una cantidad satisfactoria de aparatos de protección así como una cifra alterada de líneas de alimentación. De aquí que para la utilización de este esquema se emplea en aquellos casos donde existan consumidores de potencia grande.

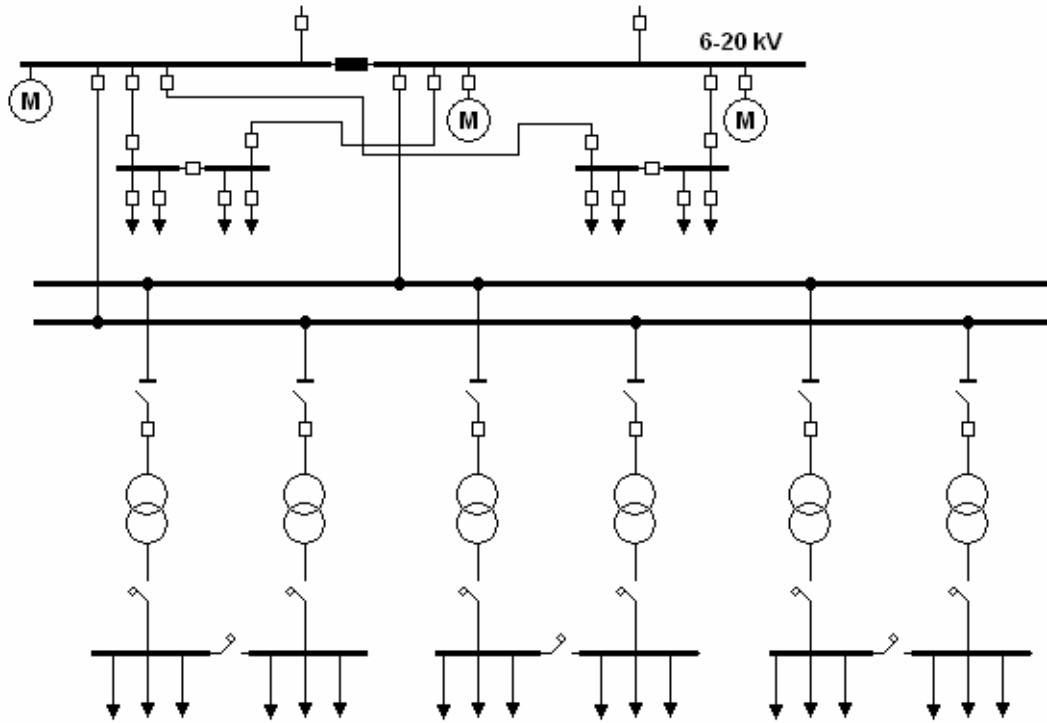


- a) Esquema característico para la alimentación de la 3ra categoría donde la dependencia del proceso tecnológico suministro se puede de 1 a 2 días.
- b) A la 2da categoría, aquí se puede mantener sin alimentación de 3 a 4 horas.
- c) 1ra categoría y muy frecuente en 2da categoría.

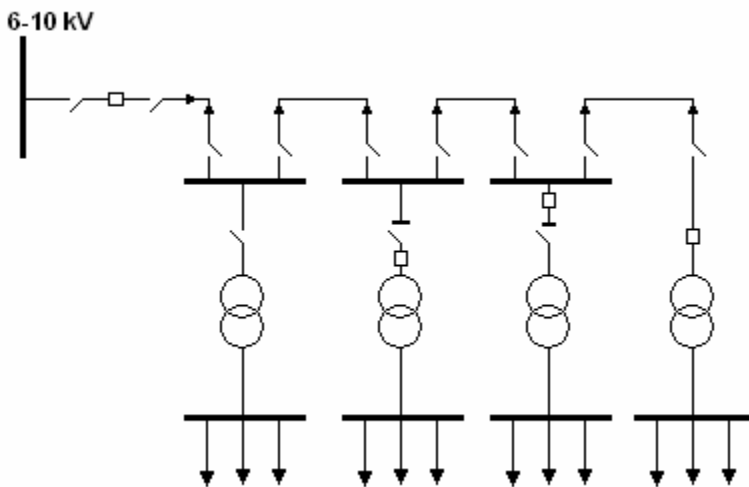


### Esquemas magistrales.

Se utilizan en los esquemas de suministro interno cuando tenemos muchos consumidores y el esquema radial no es recomendable. A veces este esquema magistral garantiza el suministro a 5 o 6 subestaciones con una potencia total  $P_{inst}$  no mayor de 5000 a 6000 kVA.



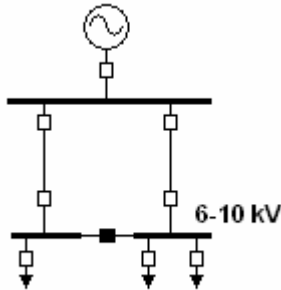
Esquema de Alimentación Mixta



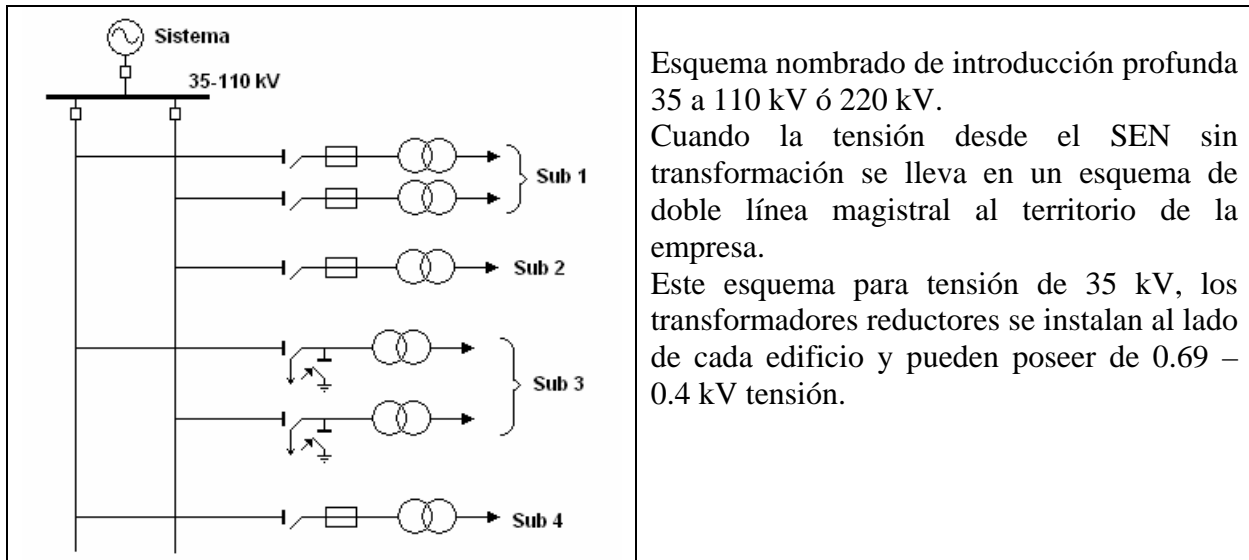


### Esquema de suministro externo.

Alimentación desde el SEN sin planta propia.

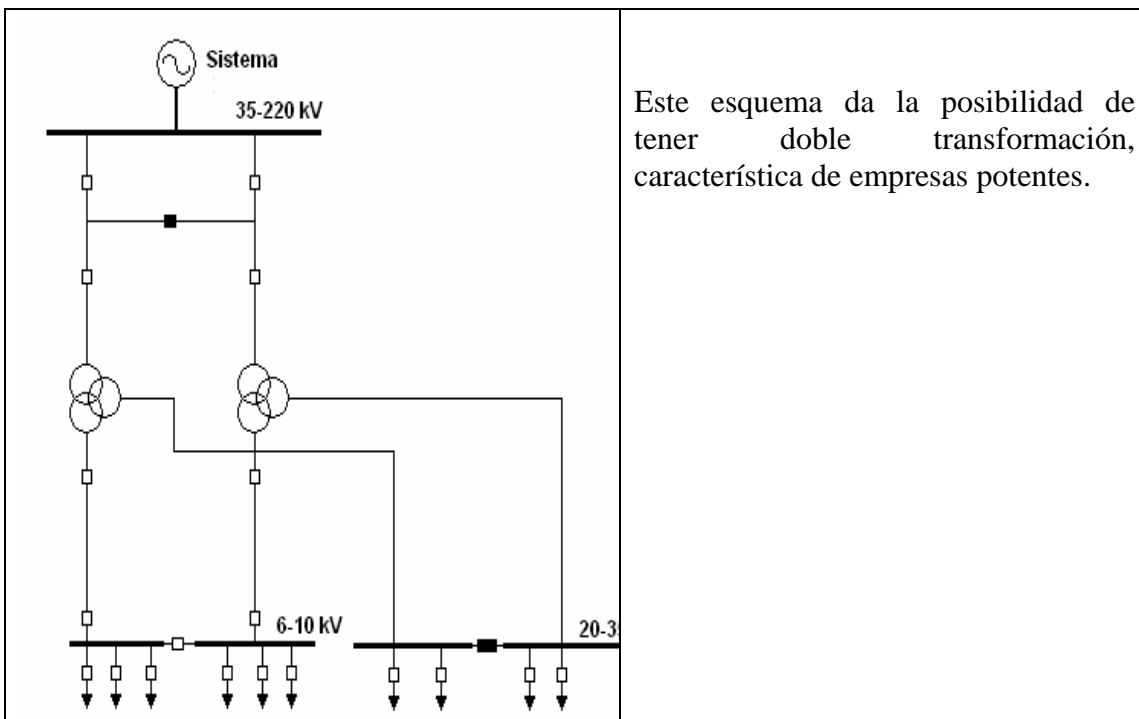
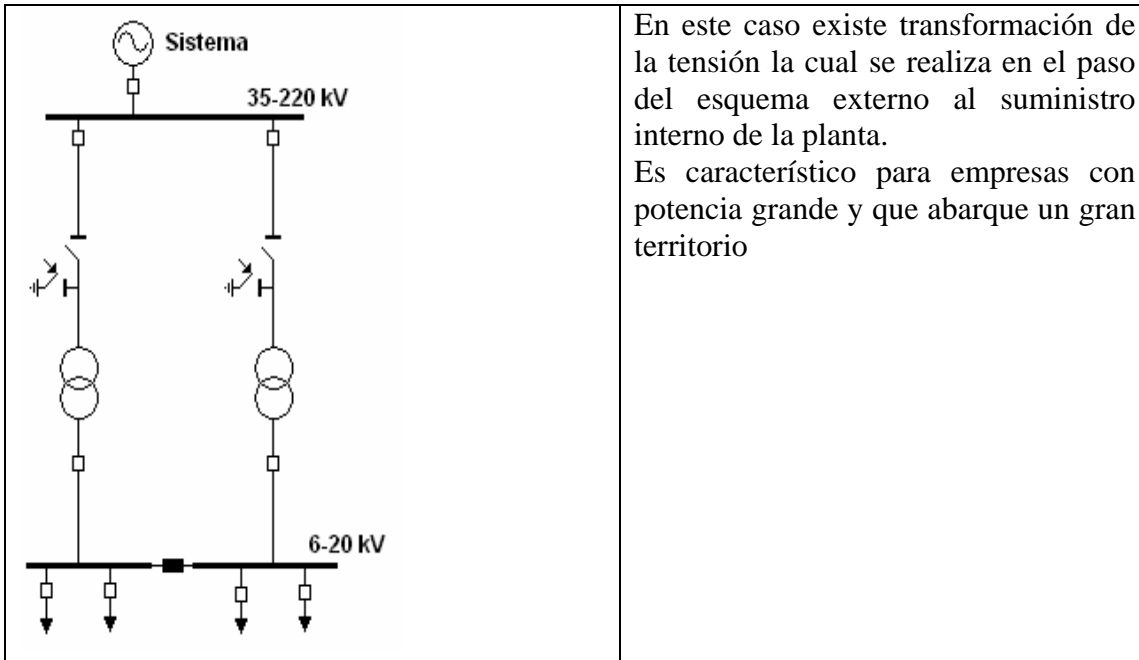


Este es un esquema radial aquí la tensión del circuito exterior del suministro es igual a la tensión dentro del territorio de la empresa (sistema de suministro interno), por lo que no se necesita ninguna transformación. Este esquema es característico para las tensiones de 6, 10 y 20 kV.



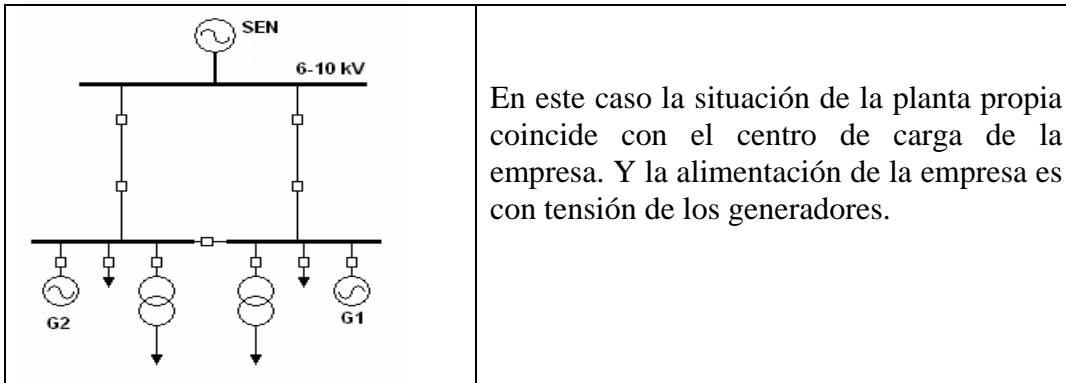


Para tensiones de 110 a 220 kV se recomienda analizar si es necesario o ventajoso la transformación a 6 – 20 kV, en algunas subestaciones reductoras estas medidas en las cuales se parte para el suministro de los puntos que ellas deben alimentar

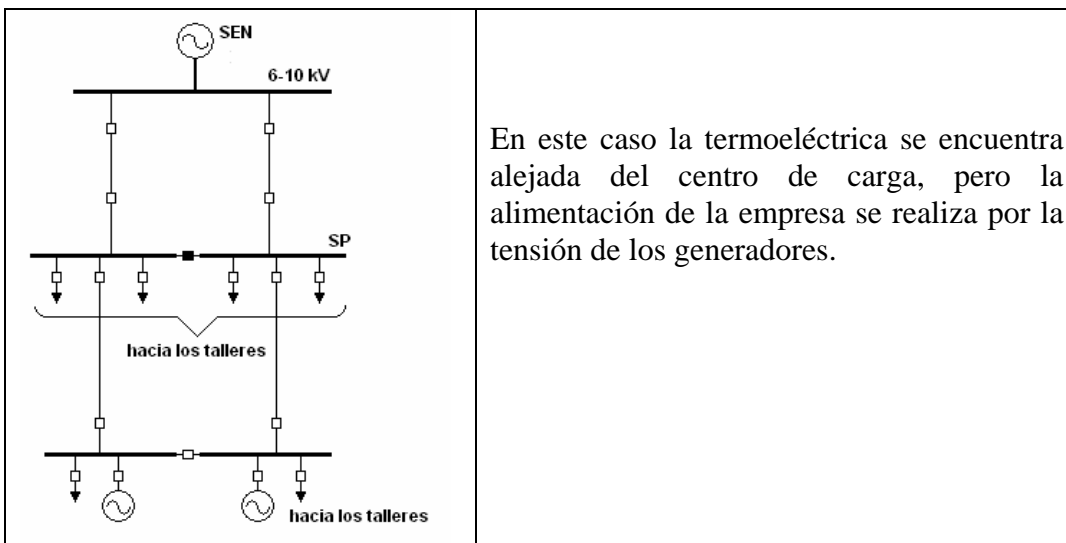




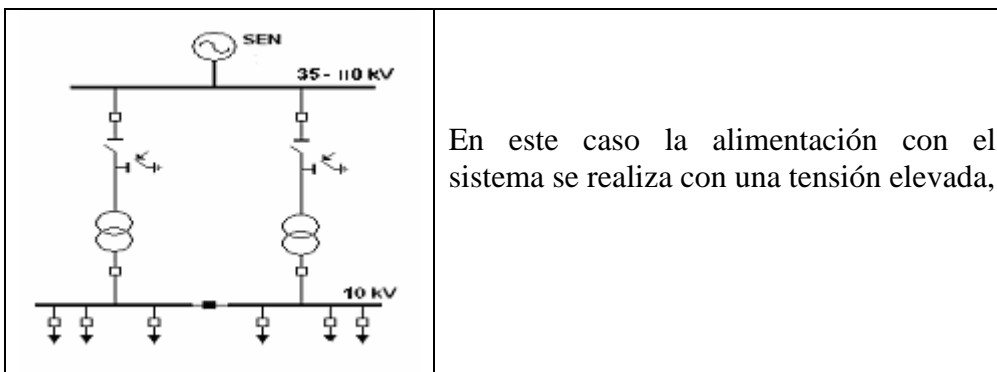
### Alimentación desde el SEN y con planta propia.



En este caso la situación de la planta propia coincide con el centro de carga de la empresa. Y la alimentación de la empresa es con tensión de los generadores.



En este caso la termoeléctrica se encuentra alejada del centro de carga, pero la alimentación de la empresa se realiza por la tensión de los generadores.







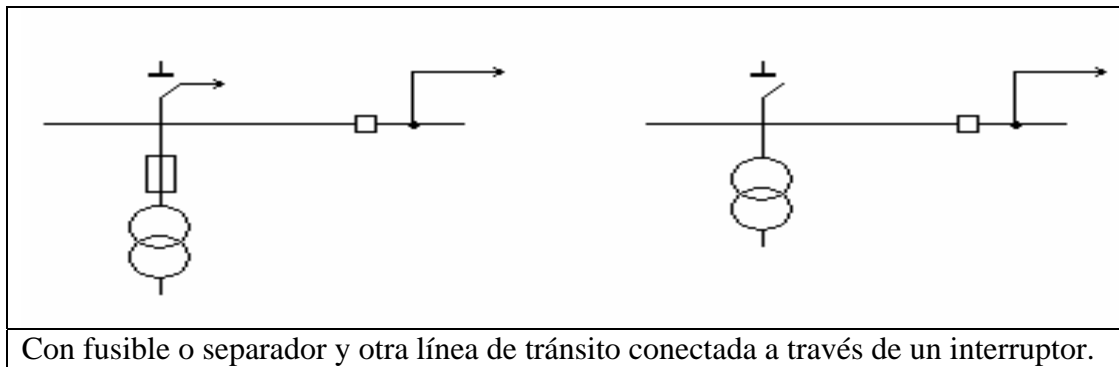
En este caso la alimentación con el sistema se realiza con una tensión elevada,



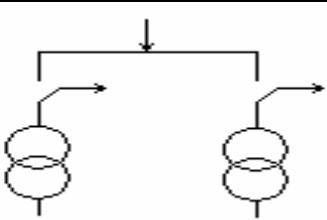
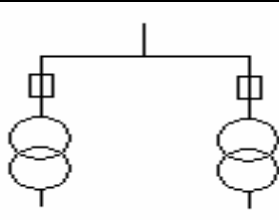
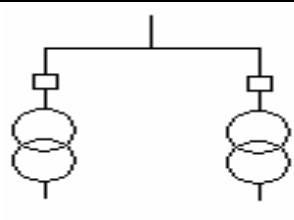
## Subestaciones de 35 a 500 kV

### Bloque sencillo transformador de línea.

			
Sin aparato	Con fusible	Con separador	Con interruptor



### Bloque líneas dos transformadores.

		
Con separador.	Con fusible.	Con interruptores



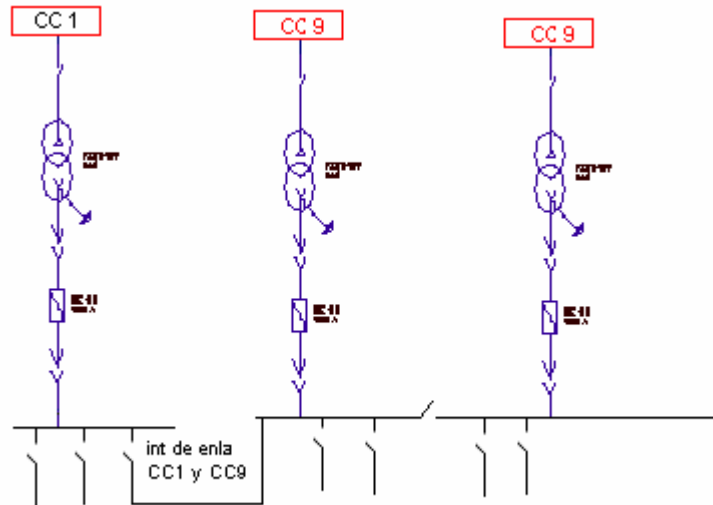


### Esquemas de 33 kV

<p>Con una barra de dos secciones separadas por medio de seccionalizador.</p>	<p>Con barra doble con interruptor de conexión.</p>

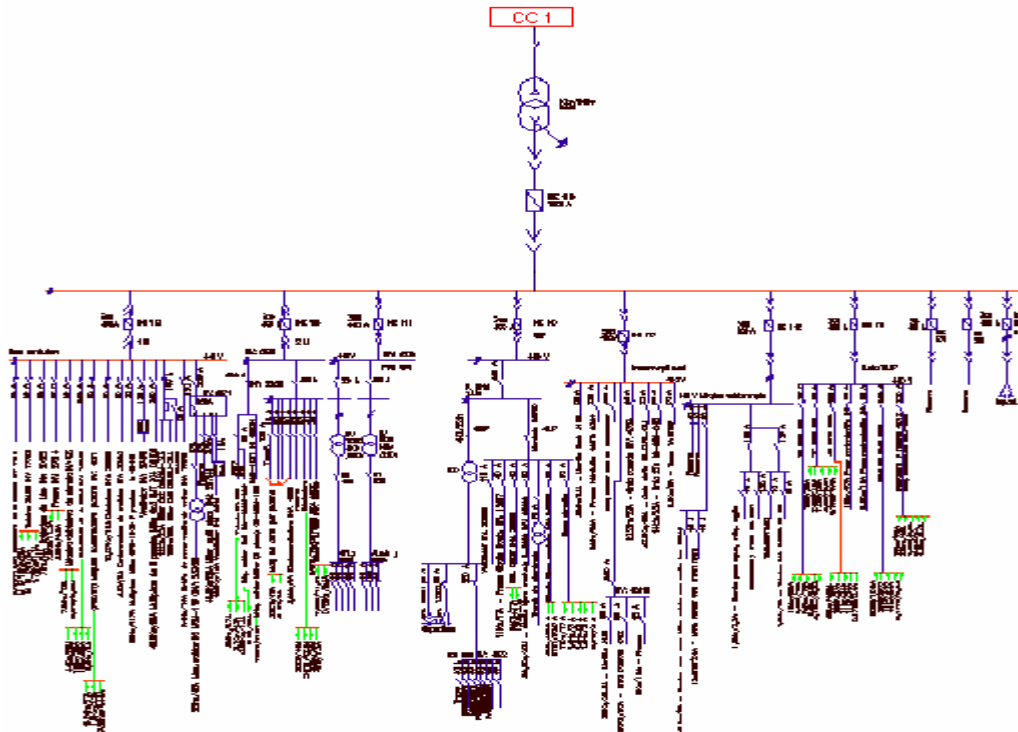
### Anexo 3.

Diagrama monolineal del enlace del CC-1a y el CC9.



### Anexo 4

Diagrama monolineal del centro de carga CC-1 de la Empresa Mecánica del Níquel.





### Anexo 5

### Diagrama monolineal actualizado de la Empresa Mecánica del Níquel.

