



---

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE INGENIERÍA**

**“ANTEPROYECTO DE LA INSTALACIÓN  
ELÉCTRICA  
PARA UNA EMPRESA QUE DISEÑA Y  
FABRICA EQUIPO PARA PROCESAMIENTO  
DE ALIMENTOS”**

# **TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO**

**PRESENTA:**

**SERGIO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ**

**DIRECTOR: DR. ÁLVARO AYALA RUIZ**



México; D.F.

C.U.

2008

Sergio Hernández Hernández

Agradezco:



A la Universidad Nacional Autónoma de México, UNAM, por la oportunidad de pertenecer a ella, así como la formación recibida que me permitió desarrollarme como profesionista con el fin de colaborar, directa o indirectamente, en el crecimiento y desarrollo del país, función para la cual fue creada. Esperando ser un digno representante de sus egresados, doy las gracias a esta Institución Educativa.



A la Facultad de Ingeniería, pues en sus aulas, talleres y laboratorios, recibí la preparación y los conocimientos indispensables para mi formación como ingeniero, transmitidos por parte de sus excelentes académicos, que sin su ayuda no hubiese sido posible alcanzar mi meta.

Al Dr. Álvaro Ayala Ruiz, por brindarme su tiempo y apoyo de forma incondicional para la elaboración del anteproyecto de la instalación eléctrica desarrollado en esta obra, que me permitió concluir una etapa más en mi formación como profesionista.

A todos los compañeros y amigos que estuvieron de alguna manera presentes y que hicieron más agradable mi paso por la Facultad.

## RECONOCIMIENTO A LA EMPRESA

Se agradece el apoyo brindado por la empresa en estudio, por las facilidades para el desarrollo del anteproyecto.

Los operadores responsables de área ya que poseen un gran interés por el mejoramiento de sus actividades que deriven en una mejora operativa y reducción importante de sus insumos eléctricos, reflejando ahorros económicos; y que adicionalmente, saben que con ello apoyan en la reducción de los efectos nocivos al ambiente como lo es el consumo excesivo de electricidad, ya que el suministro del que se sirve esta institución proviene directamente de Plantas Termoeléctricas, quienes producen electricidad a partir de la quema de combustibles derivados del petróleo.

### **DEDICO ESTA TESIS:**

A mis padres **María Atila Castro García** y **Evodio Hernández Soria** con todo mi amor, respeto y cariño, primero por la gran fortuna de tenerlos conmigo y segundo, para de alguna manera agradecerles los esfuerzos y sacrificios hechos para ver concluida ésta primera etapa de mi vida, todo lo que llevo a cabo lo hago con el fin de que se sientan orgullosos de su hijo, aunque se que nunca será suficiente para agradecerles lo que han hecho por mí para que fuera lo que soy ahora.

Les recuerdo que en todo lo que hago están siempre presentes. Mi vida debe todo a su dedicación y esfuerzos, mi deuda para con ustedes es inmensa.

Gracias por ser un ejemplo para mí; esperó nunca defraudarlos.

A mis hermanos **Camila, Fabiola, Martha Patricia, Janet, Cristián, Lorenzo Antonio y Marisol**, que a pesar de que nunca lo mencionaron se que siempre conté con su apoyo y cariño, gracias por estar siempre conmigo y dejar compartir mi vida con ustedes, les dedico éste mi primer logro y los venideros, esperó se sientan orgullosos de mí como Yo lo estoy de ustedes.

**DEDICO ESTA TESIS EN FORMA MUY ESPECIAL A:**

Mí madre **Noemí Hernández Ortega**, quién si su ayuda de nada hubiera valido mí esfuerzo.

A ti madre, por haberme dado la vida y el ejemplo de cómo superarme, por todo tu amor y apoyo en los momentos más difíciles de mí vida.

No existen palabras, no me habrá de alcanzar la vida para agradecer lo que ha hecho por mí y mis hermanos.

**Muchas gracias Mamá.**

A mí tía **Eva Hernández Ortega** y mí abuelita **Julia** les doy las gracias por todo el apoyo que me brindaron y el cariño, además por ser el soporte de la familia Hernández Ortega y tener para mí siempre abiertas las puertas de su casa.

**A TODOS USTEDES GRACIAS TOTALES.**

# ÍNDICE

Contenido	Página
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>I</b>
<b>1. ANTECEDENTES</b>	<b>1</b>
1.1 Introducción	1
1.2 Corriente eléctrica	1
1.2.1 Amperes	2
1.2.2 Voltaje	3
1.2.3 Resistencia	3
1.2.4 Ley de ohm	4
1.3 Las instalaciones eléctricas	5
1.3.1 Objetivos de una instalación	5
1.3.2 Clasificación de instalaciones eléctricas	5
1.4 Elementos que constituyen una instalación eléctrica	7
1.5 Tierra o neutro en una instalación eléctrica	9
1.6 Códigos y normas	10
1.7 Conductores eléctricos y aisladores	10
1.7.1 Tipos de cobre para conductores eléctricos	10
1.7.2 Partes que componen los conductores eléctricos	11
1.8 Clasificación de los conductores eléctricos de acuerdo a su aislación	12
1.8.1 Canalizaciones eléctricas	14
1.8.2 Tipos de tuberías	15
1.9 Circuitos derivados	16
1.9.1 Colores normales de identificación	16
1.9.2 Circuitos derivados para distintas clases de carga	16
1.10 Cálculo de carga	17
1.11 Relevadores	17
1.11.1 Funcionamiento de un relé	17
1.11.2 Tipos de relé	18
1.11.3 Principio de operación de los relevadores	20
1.11.4 Factores para la aplicación de los relevadores	20
1.12 Instalaciones eléctricas de motores	21
1.12.1 Protección de motores	21
1.12.2 Problemas actuales sobre la protección de motores	22
1.12.3 Los sistemas más usuales de protección de motores son:	23
<b>2. MARCO DE LA EMPRESA</b>	<b>27</b>
2.1 Introducción	27
2.2 Organigrama de la empresa	27
2.3 Flujo de proceso	28
2.4 Estado actual de la instalación	29
2.5 Distribución de los equipos, actual de la empresa	34
2.6 Imágenes de la instalación	37
2.7 Ubicación de la empresa	43
2.8 Problemas	43
2.9 Necesidades	44
<b>3.0 ANTEPROYECTO DE LA INSTALACIÓN ELECTRICA</b>	<b>45</b>
3.1 Introducción	45

3.2. Levantamiento de cargas	45
3.3 Desarrollo	46
3.4. Cálculo de cargas en motores trifásicos de inducción	47
3.5. Factor de potencia	50
3.6 Propuesta de solución	51
3.7. Desarrollo de la propuesta	52
3.7.1 Propuesta de distribución de equipos en planta	53
3.7.2. propuesta de iluminación en planta	56
3.7.3. Diagramas de cargas	59
3.7.4. Diagramas de tableros en planta	62
3.8. Balance de Cargas	65
3.9. Costos de material	66
<b>CONCLUSIONES</b>	69
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	71
<b>ANEXO A</b>	73
Definiciones generales	73
<b>ANEXO B</b>	85
Sistema de tierra	85
<b>ANEXO C</b>	94
Corrección del factor de potencia	94
<b>ANEXO D</b>	98
Mantenimiento programado a los tableros eléctricos	98

## INTRODUCCIÓN

La energía es parte fundamental en la vida del hombre, hasta hace poco, el consumo de energía era sinónimo de actividad, de transformación y de progreso. Hoy en día este concepto ha cambiado dado que los avances tecnológicos se han enfocado en hacer más eficientes en el consumo de energía, a los aparatos eléctricos y electrónicos, con lo cual se pueden asegurar la transformación y el progreso.

Este trabajo de tesis tiene como objetivo presentar de manera sistemática un anteproyecto de la instalación eléctrica de una empresa (AC-ME) que diseña y fabrica equipo para procesamiento de alimentos que dé como resultado mejoras en el rendimiento de las instalaciones y un uso racional de la energía eléctrica mediante ahorros concretos en la energía utilizada.

Por ello, el anteproyecto consistió en mostrar las mejoras que se pueden alcanzar en las áreas de trabajo mediante la implementación de un balance de cargas eficiente, además de aprovechar lo mejor posible la fuente de energía que se utiliza en este tipo de industria. Este trabajo está enfocado a las medidas asociadas al uso de energía eléctrica, por lo que solamente se discuten con detalle las medidas de ahorro en el sistema eléctrico.

Para este trabajo la primera acción a desarrollar dentro del programa de análisis de cargas debe de ser el llevar a cabo una auditoria energética en las instalaciones, con el cual se examinan las formas como normalmente se utiliza en ellas e identificar algunas alternativas para reducir la facturación energética en la empresa. El análisis de cargas establece el estado energético en que se encuentra el sistema bajo estudio y las posibilidades de mejorar su eficacia, seleccionando las alternativas más prometedoras mediante un estudio técnico y uno económico de cada una. Para poder cumplir con el objetivo es necesario partir del análisis de la situación actual por medio de mediciones directas, examen de las instalaciones, revisión de los métodos operativos y de mantenimiento, así como de los consumos y producciones históricas evaluando los rendimientos.

Una de las funciones más importantes de una industria es la de procurar condiciones seguras y eficientes a sus trabajadores, de acuerdo con el tipo de actividad que tengan que desarrollar en su interior. En la medida que el edificio tenga un buen diseño en su balance de cargas, se reducirán los requerimientos de aportaciones de iluminación y gastos de energía eléctrica como se verá en los capítulos siguientes.

# 1. ANTECEDENTES

## 1.1 Introducción

El presente capítulo describe las instalaciones eléctricas, pues es de gran ayuda para el presente trabajo conocer cómo es que se lleva a cabo una instalación y conocer cada uno de sus elementos y su principio de funcionamiento, de igual forma es interesante tener en cuenta cuales son los tipos que existen en la actualidad de las instalaciones, así como el riesgo que tenga cada una.

## 1.2 Corriente eléctrica

El éxito de la electricidad como fuente de energía se encuentra en la facilidad para obtenerla, trasportarla y transformarla en otros tipos de energía. La electricidad es un fenómeno originado por el movimiento que experimentan los electrones, partículas de masa muy pequeña que se encuentran en torno al núcleo del átomo. Se dice que los electrones tienen carga eléctrica negativa (-), mientras que los protones, situados en el núcleo del átomo, tienen carga positiva (+). Los cuerpos pueden estar cargados positiva o negativamente como consecuencia del exceso de protones o electrones. En determinados materiales, que denominamos conductores, es posible hacer fluir los electrones de un extremo al otro de los mismos, estableciéndose entonces que Siempre que se mueven cargas eléctricas de igual signo se establece una corriente eléctrica<sup>1</sup>.

Desde un punto de vista popular se entiende como corriente eléctrica al flujo de energía eléctrica que llega hasta el consumidor por una red de conductores y que se emplea para suministrar energía a múltiples aparatos eléctricos y electrónicos. De una manera más precisa se denomina así al flujo de electrones que se origina al poner en contacto, mediante un conductor, dos superficies metálicas cargadas a potenciales diferentes.

En el conductor se produce un flujo ordenado de electricidad en el sentido de los potenciales decrecientes. El término de corriente eléctrica, o simplemente corriente, se emplea para describir la tasa de flujo de carga que pasa por alguna región de espacio. Para definir la corriente de manera mas precisa, supongamos que las cargas se mueven perpendiculares a una superficie de área  $A$ , como en la (Fig. 1.1). Por ejemplo, la corriente es la tasa a la cual fluye la carga por esta superficie. Si  $\Delta Q$  es la cantidad de carga que pasa por esta área en un intervalo de tiempo  $\Delta t$ , la corriente promedio,  $I_{pro}$ , es igual a la carga que pasa por  $A$  por unidad de tiempo:

---

<sup>1</sup> Bratu N., (1992) Instalaciones eléctricas, elementos que constituyen una instalación eléctrica, Alfa omega.



Figura 1.1 Sección transversal de un alambre, cargas de movimiento a través de un área A.

La tasa de flujo de carga en el tiempo a través del área se define como la corriente  $I$ . la dirección en la que circularía la carga positiva fluiría si tuviera libertad de hacerlo. El camino por el que se desplazan los electrones es lo que denominamos circuito eléctrico, que podemos definir también como un conjunto de elementos interconectados que permiten el paso de la corriente eléctrica.

$$I = \frac{\Delta Q}{\Delta t}$$

Si la tasa a la cual fluye la carga varía en el tiempo, la corriente también varía en el tiempo, y definimos a la corriente instantánea  $I$  como el límite diferencial de la ecuación:

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

La unidad de corriente del Sistema Internacional es el ampere (A).

$$1A = \frac{1C}{1s}$$

Esto significa que 1A de corriente es equivalente a 1C de carga que pasa por el área de la superficie en 1s.

La intensidad de la corriente eléctrica se designa con la letra ( $I$ ) y su unidad de medida en el Sistema Internacional (SI) es el ampere (llamado también "amperio"), que se identifica con la letra (A).

### 1.2.1 Amperes

Un ampere (1A) se define como la corriente que produce en tensión de un volt (1V), cuando se aplica a una resistencia de un ohm (1Ω).

Un ampere equivale una carga eléctrica de un coulomb por segundo (1C/seg) circulando por un circuito eléctrico, o lo que es igual,  $6\,300\,000\,000\,000\,000 = (6,3 \cdot 10^{18})$  (seis mil trescientos billones) de electrones por segundo fluyendo por el conductor de dicho circuito. Por tanto, la intensidad ( $I$ ) de una corriente eléctrica equivale a la cantidad de carga eléctrica ( $Q$ ) en coulomb

que fluye por un circuito cerrado en una unidad de tiempo. En la práctica, los dos tipos de corrientes eléctricas más comunes son: corriente directa (C.D.) o continua y corriente alterna (C.A.).

La corriente alterna se diferencia de la directa en que cambia su sentido de circulación periódicamente y, por tanto, su polaridad. Esto ocurre tantas veces como frecuencia en hertz (Hz) tenga esa corriente. A la corriente directa (C.D.) también se le llama "corriente continua" (C.C.). La corriente alterna es el tipo de corriente más empleado en la industria y es también la que consumimos en nuestros hogares. La corriente alterna de uso doméstico e industrial cambia su polaridad o sentido de circulación 50 ó 60 veces por segundo, según el país de que se trate, esto se conoce como frecuencia de la corriente alterna.

### 1.2.2 Voltaje

Es el trabajo eléctrico que se realiza para transportar una carga entre dos puntos. VOLT o VOLTIO (V): Unidad que mide la tensión. En la industria eléctrica se usa también el kilovolt (kV) que equivale a 1.000 V.

El voltaje, tensión o diferencia de potencial es la presión que ejerce una fuente de suministro de energía eléctrica o fuerza electromotriz (FEM) sobre las cargas eléctricas o electrones en un circuito eléctrico cerrado, para que se establezca el flujo de una corriente eléctrica. A mayor diferencia de potencial o presión que ejerza una fuente de FEM sobre las cargas eléctricas o electrones contenidos en un conductor, mayor será el voltaje o tensión existente en el circuito al que corresponda ese conductor. La diferencia de potencial entre dos puntos de una fuente de FEM como la acumulación de cargas eléctricas negativas (iones negativos o aniones), con exceso de electrones en el polo negativo (-) y la acumulación de cargas eléctricas positivas (iones positivos o cationes), con defecto de electrones en el polo positivo (+) de la propia fuente de FEM.

En otras palabras, el voltaje, tensión o diferencia de potencial es el impulso que necesita una carga eléctrica para que pueda fluir por el conductor de un circuito eléctrico cerrado. Este movimiento de las cargas eléctricas por el circuito se establece a partir del polo negativo de la fuente de FEM hasta el polo positivo de la propia fuente. Si comparamos el circuito eléctrico con un sistema hidráulico, el voltaje sería algo similar a la presión que se ejerce sobre el líquido en una tubería para su bombeo. Si la presión del sistema hidráulico aumenta, la fuerza de la corriente del líquido que fluye por la tubería también aumenta. De igual forma, cuando se incrementa el voltaje, la intensidad de la corriente de electrones que fluye por el circuito eléctrico también aumenta, siempre que el valor de la resistencia se mantenga constante.

### 1.2.3 Resistencia

Se denomina resistencia eléctrica (R) de una sustancia, a la oposición que encuentra la corriente eléctrica para circular a través de dicha sustancia. Su valor viene dado en Ohmios, y se designa con la letra griega omega ( $\Omega$ ), y se mide con el Óhmetro. Esta definición es válida para la corriente continua y para la corriente alterna cuando se trate de elementos resistivos puros, esto es, sin

componente inductiva ni capacitiva. De existir estos componentes reactivos, la oposición presentada a la circulación de corriente recibe el nombre de impedancia.

Una resistencia ideal es un elemento pasivo que disipa energía en forma de calor según la ley de Joule. También establece una relación de proporcionalidad entre la intensidad de corriente que atraviesa y la tensión medible entre sus extremos, relación conocida como ley de Ohm:

$$u(t) = R \cdot i(t)$$

Donde  $i(t)$  es la corriente eléctrica que atraviesa la resistencia de valor  $R$  y  $u(t)$  es la diferencia de potencial que se origina. En general, una resistencia real podrá tener diferente comportamiento en función del tipo de corriente que circule por ella.

#### 1.2.4 Ley de ohm

A comienzos del siglo XX, Georg Simón Ohm descubrió que existía una relación entre las magnitudes fundamentales de la electricidad según una ley física que lleva su nombre y que se enuncia así:

“la diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito eléctrico es igual al producto de la intensidad que lo que recorre por la resistencia eléctrica medida entre dichos puntos” (Fig. 1.2).

$$V = R \cdot I.$$

Un conductor cumple la ley de Ohm sólo si la curva V-I es lineal; esto es si  $R$  es independiente de  $V$  y de  $I$ . sin embargo, la relación sigue siendo la definición general de la resistencia de un conductor, independiente de si este cumple o no con la ley de Ohm. La intensidad de la corriente eléctrica que circula por un dispositivo es directamente proporcional a la diferencia de potencial aplicada e inversamente proporcional a la resistencia del mismo, según se expresa en la fórmula:

$$I = \frac{V}{R}$$

En donde, empleando unidades del Sistema Internacional tenemos que:

$I$  = intensidad en amperios (A)

$V$  = diferencia de potencial en voltios (V)

$R$  = Resistencia Ohmios ( $\Omega$ )

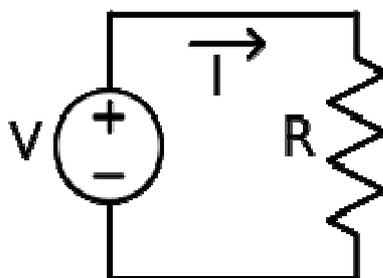


Figura 1.2. Circuito mostrando la ley de ohm: una fuente eléctrica con una diferencia de potencia  $v$ , produce una corriente eléctrica  $i$  cuando pasa a través de la resistencia  $R$ .

## 1.3 Las instalaciones eléctricas

Para iniciar con este tema se define lo que es una instalación eléctrica. Se le llama instalación eléctrica al conjunto de elementos que permiten transportar y distribuir la energía eléctrica, desde el punto de suministro hasta los equipos que la utilicen. Entre estos elementos se incluyen: tableros, interruptores, transformadores, bancos de capacitores, dispositivos, sensores, dispositivos de control local o remoto, cables, conexiones, contactos, canalizaciones, y soportes.

Las instalaciones eléctricas pueden ser abiertas (conductores visibles), aparentes (en ductos o tubos), ocultas, (dentro de paneles o falsos plafones), o ahogadas (en muros, techos o pisos).

### 1.3.1 Objetivos de una instalación

Una instalación eléctrica debe de distribuir la energía eléctrica a los equipos conectados de una manera segura y eficiente. Además algunas de las características que deben de poseer son:

- a) Confiables, es decir que cumplan el objetivo para lo que son, en todo tiempo y en toda la extensión de la palabra.
- b) Eficientes, es decir, que la energía se transmita con la mayor eficiencia posible.
- c) Económicas, o sea que su costo final sea adecuado a las necesidades a satisfacer.
- d) Flexibles, que se refiere a que sea susceptible de ampliarse, disminuirse o modificarse con facilidad, y según posibles necesidades futuras.
- e) Simples, o sea que faciliten la operación y el mantenimiento sin tener que recurrir a métodos o personas altamente calificados.
- f) Agradables a la vista, pues hay que recordar que una instalación bien hecha simplemente se ve "bien".
- g) Seguras, o sea que garanticen la seguridad de las personas y propiedades durante su operación común.

### 1.3.2 Clasificación de instalaciones eléctricas

Para fines de estudio, podemos clasificar las instalaciones eléctricas como sigue:

Por el nivel de voltaje predominante:

- a. Instalaciones residenciales, que son las de las casas habitación.
- b. Instalaciones industriales, en el interior de las fábricas, que por lo general son de mayor potencia comparadas con la anterior
- c. Instalaciones comerciales, que respecto a su potencia son de tamaño comprendido entre las dos anteriores.

- d. Instalaciones en edificios, ya sea de oficinas, residencias, departamentos o cualquier otro uso, y que pudieran tener su clasificación por separado de las anteriores.
- e. Hospitales.
- f. Instalaciones especiales.

Por la forma de instalación:

- a. Visible, la que se puede ver directamente.
- b. Oculta, la que no se puede ver por estar dentro de muros, pisos, techos, etc. de los locales.
- c. Aérea, la que está formada por conductores paralelos, soportados por aisladores, que usan el aire como aislante, pudiendo estar los conductores desnudos o forrados. En algunos casos se denomina también línea abierta.
- d. Subterránea, la que va bajo el piso, cualquiera que sea la forma de soporte o material del piso.

Por el lugar de la instalación:

Las instalaciones eléctricas también pueden clasificarse en normales y especiales según, el lugar donde se ubiquen:

- a) Las instalaciones normales pueden ser interiores o exteriores. Las que están a la intemperie deben de tener los accesorios necesarios (cubiertas, empaques y sellos) para evitar la penetración del agua de lluvia aun en condiciones de tormenta.
- b) Se consideran instalaciones especiales a aquellas que se encuentran en áreas con ambiente peligroso, excesivamente húmedo o con grandes cantidades de polvo no combustible. Dentro de estas clasificaciones también se subdividen por el tipo de lugar:
  - 1. Lugar seco, aquellos no sujetos normalmente a derrames de líquidos.
  - 2. Lugar húmedo, los parcialmente protegidos por aleros, corredores techados pero abiertos, así como lugares interiores que están sujetos a un cierto grado de humedad postcondensación, tal como sótanos, depósitos refrigerados o similares.
- c) Lugar mojado, en que se tienen condiciones extremas de humedad, tales como intemperie, lavado de automóviles, instalaciones bajo tierra en contacto directo con el suelo, etc..
- d) Lugar corrosivo, en los que se pueden encontrar sustancias químicas corrosivas.
- e) Lugar peligroso, en donde las instalaciones están sujetas a peligro de incendio o explosión debido a gases o vapores inflamables, polvo o fibras combustibles dispersos en el aire.

## 1.4 Elementos que constituyen una instalación eléctrica

En el presente sección se da una descripción general de los elementos más comúnmente encontrados en una instalación eléctrica, la intención es familiarizar al usuario con la terminología y los conceptos que serán utilizados.

**Acometida.** Se entiende el punto donde se hace la conexión entre la red, propiedad de la compañía suministradora, y el alimentador que abastece al usuario. La cometida también se puede entender como la línea aérea o subterránea según sea el caso que por un lado entronca con la red eléctrica de alimentación y por el otro tiene conectado el sistema de medición. Además en las terminales de entrada de la cometida normalmente se colocan apartarrayos para proteger la instalación y el quipo de alto voltaje.

**Equipos de medición.** Por equipo de medición se entiende a aquél, propiedad de la compañía suministradora, que se coloca en la cometida con el propósito de cuantificar el consumo de energía eléctrica de acuerdo con las condiciones del contrato de compra-venta. Este equipo esta sellado y debe de ser protegido contra agentes externos, y colocado en un lugar accesible para su lectura y revisión.

**Interruptores.** Un interruptor es un dispositivo que está diseñado para abrir o cerrar un circuito eléctrico por el cual está circulando una corriente.

**Interruptor general.** Se le denomina interruptor general o principal al que va colocado entre la acometida (después del equipo de medición) y el resto de la instalación y que se utiliza como medio de desconexión y protección del sistema o red suministradora.

**Interruptor derivado.** También llamados interruptores eléctricos los cuales están colocados para proteger y desconectar alimentadores de circuitos que distribuyen la energía eléctrica a otras secciones de la instalación o que energizan a otros tableros.

**Interruptor termomagnético.** Es uno de los interruptores más utilizados y que sirven para desconectar y proteger contra sobrecargas y cortos circuitos. Se fabrica en gran cantidad de tamaños por lo que su aplicación puede ser como interruptor general. Tiene un elemento electrodinámico con el que puede responder rápidamente ante la presencia de un corto circuito.

**Arrancador.** Se conoce como arrancador al arreglo compuesto por un interruptor, ya sea termomagnético de navajas (cuchillas) con fusibles, un conductor electromagnético y un relevador bimetalico. El contactor consiste básicamente de una bobina con un núcleo de fierro que cierra o abre un juego de contactos al energizar o des energizar la bobina.

**Transformador.** El transformador eléctrico es un equipo que se utiliza para cambiar el voltaje de suministro al voltaje requerido. En las instalaciones grandes pueden necesitarse varios niveles de

voltaje, lo que se logra instalando varios transformadores (agrupados en subestaciones). Por otra parte pueden existir instalaciones cuyo voltaje sea el mismo que tiene la acometida y por lo tanto no requieran de transformador.

Tableros. El tablero es un gabinete metálico donde se colocan instrumentos con interruptores arrancadores y/o dispositivos de control. El tablero es un elemento auxiliar para lograr una instalación segura confiable y ordenada.

Tablero general. El tablero general es aquel que se coloca inmediatamente después del transformador y que contiene un interruptor general. El transformador se conecta a la entrada del interruptor y a la salida de este se conectan barras que distribuyen la energía eléctrica a diferentes circuitos a través de interruptores derivados.

Centros de control de motores. En instalaciones industriales y en general en aquellas donde se utilizan varios motores, los arrancadores se agrupan en tableros compactos conocidos como centros de control de motores.

Tableros de distribución o derivado. Estos tableros pueden tener un interruptor general dependiendo de la distancia al tablero de donde se alimenta y del número de circuitos que alimenten.

Motores y equipos accionados por motores. Los motores se encuentran al final de las ramas de una instalación y su función es transformar la energía eléctrica en energía mecánica, cada motor debe tener su arrancador propio.

Estaciones o puntos de control. En esta categoría se clasifican las estaciones de botones para control o elementos del proceso como: limitadores de carreras o de par, indicadores de nivel de temperatura, de presión entre otros. Todos estos equipos manejan corrientes que por lo general son bajas comparadas con la de los electos activos de una instalación.

Salidas para alumbrado y contactos. Las unidades de alumbrado, al igual que los motores, están al final de las instalaciones y son consumidores que transforman la energía eléctrica en energía luminosa y generalmente también en calor. Los contactos sirven para alimentar diferentes equipos portátiles y van alojados en una caja donde termina la instalación.

Plantas de emergencia. Las plantas de emergencia constan de un motor de combustión interna acoplada a un generador de corriente alterna. El cálculo de la capacidad de una planta eléctrica se hace en función con las cargas que deben de operar permanentemente. Estas cargas deberán quedar en un circuito alimentador y canalizaciones dependientes<sup>2</sup>.

---

<sup>2</sup> Harper E., Guía práctica para el cálculo de instalaciones eléctricas, editorial Limusa.

## 1.5 Tierra o neutro en una instalación eléctrica

a) Tierra. Se consideran que el globo terráqueo tiene un potencial cero, se utiliza como referencia y como sumidero de corrientes indeseables.

b) Resistencia a tierra. Este término se utiliza para referirse a la resistencia eléctrica que presenta el suelo de cierto lugar.

c) Toma de tierra. Se entiende que un electrodo enterrado en el suelo con una Terminal que permita unirlo a un conductor es una toma de tierra.

d) Tierra remota. Se le llama así a una toma de tierra lejana al punto que se esté considerando en ese momento.

e) Sistemas de Tierra. Es la red de conductores eléctricos unidos a una o mas tomas de tierra y provisto de una o varias terminales a las que puede conectarse puntos de la instalación.

f) Conexión a tierra. La unión entre un conductor y un sistema de tierra.

g) Tierra Física. Cuando se une sólidamente a un sistema de tierra que a su vez está conectado a la toma de tierra.

h) Neutro Aislado. Es el conductor de una instalación que está conectado a tierra a través de una impedancia.

i) Neutro del generador. Se le llama así al punto que sirve de referencia para los voltajes generados en cada fase.

j) Neutro de trabajo. Sirve para conexión alimentado por una sola fase

k) Neutro conectado sólidamente a tierra. Se utiliza generalmente en instalaciones de baja tensión para proteger a las personas contra electrocución.

l) Neutro de un sistema. Es un potencial de referencia de un sistema que puede diferir de potencial de tierra que puede no existir físicamente.

m) Neutro Flotante. Se la llama así al neutro de una instalación que no se conecta a tierra.

12. Interconexión. Para la interconexión pueden usarse alambres, cables de cobre o aluminio, estos pueden estar colocados a la vista en ductos, tubos o charolas. El empalme de la conexión de las terminales de los equipos debe de hacerse de manera que se garantice el contacto uniforme y no existan defectos que representen una disminución de la sección. Las tuberías que se utilizan para proteger los conductores pueden ser metálicas o de materiales plásticos no combustibles también se

utilizan ductos cuadrados o charolas. El soporte de todos estos elementos debe de ser rígido y su colocación debe hacerse de acuerdo con criterios de funcionalidad, estética, facilidad de mantenimiento y economía.

## 1.6 Códigos y normas

El diseño de las instalaciones eléctricas se hace dentro de un marco legal. Un proyecto de ingeniería es una respuesta técnica y económicamente adecuada, que respeta las normas y códigos aplicables. En México la NOM-001-SEDE-2005. Constituyen el marco legal ya mencionado<sup>3</sup>.

## 1.7 Conductores eléctricos y aisladores

Se aplica este concepto a los cuerpos capaces de conducir o transmitir la electricidad. Un conductor eléctrico está formado primeramente por el conductor propiamente tal, usualmente de cobre. Este puede ser alambre, es decir, una sola hebra o un cable formado por varias hebras o alambres retorcidos entre sí. Los materiales más utilizados en la fabricación de conductores eléctricos son el cobre y el aluminio. Aunque ambos metales tienen una conductividad eléctrica excelente, el cobre constituye el elemento principal en la fabricación de conductores por sus notables ventajas mecánicas y eléctricas. El uso de uno y otro material como conductor, dependerá de sus características eléctricas (capacidad para transportar la electricidad), mecánicas (resistencia al desgaste, maleabilidad), del uso específico que se le quiera dar y del costo. Estas características llevan a preferir al cobre en la elaboración de conductores eléctricos. El tipo de cobre que se utiliza en la fabricación de conductores es el cobre electrolítico de alta pureza, 99,99%, dependiendo del uso que se le vaya a dar, este tipo de cobre se presenta en los siguientes grados de dureza o temple: duro, semiduro y blando o recocado.

### 1.7.1 Tipos de cobre para conductores eléctricos

Cobre de temple duro:

Conductividad del 97% respecto a la del cobre puro. Por esta razón se utiliza en la fabricación de conductores desnudos, para líneas aéreas de transporte de energía eléctrica, donde se exige una buena resistencia mecánica.

Cobre recocado o de temple blando:

Conductividad del 100% Como es dúctil y flexible se utiliza en la fabricación de conductores aislados. El conductor está identificado en cuanto a su tamaño por un calibre, que puede ser milimétrico y expresarse en mm<sup>2</sup> o americano y expresarse en AWG o MCM con una equivalencia en mm<sup>2</sup>.

---

<sup>3</sup> NOM-001-SEDE-2005 (Instalaciones eléctricas).

## 1.7.2 Partes que componen los conductores eléctricos

Estas son tres muy diferenciadas:

1. El alma o elemento conductor
2. El aislamiento
3. Las cubiertas protectoras

### 1) El alma o elemento conductor

Se fabrica en cobre y su objetivo es servir de camino a la energía eléctrica desde las centrales generadoras a los centros de distribución (subestaciones, redes y empalmes), para alimentar a los diferentes centros de consumo (industriales, grupos habitacionales, etc.). De la forma cómo esté constituida esta alma depende la clasificación de los conductores eléctricos. Así tenemos:

#### a) Según su constitución

**Alambre:** Conductor eléctrico cuya alma conductora está formada por un solo elemento o hilo conductor. Se emplea en líneas aéreas, como conductor desnudo o aislado, en instalaciones eléctricas a la intemperie, en ductos o directamente sobre aisladores.

**Cable:** Conductor eléctrico cuya alma conductora está formada por una serie de hilos conductores o alambres de baja sección, lo que le otorga una gran flexibilidad.

#### b) Según el número de conductores

**Monoconductor:** Conductor eléctrico con una sola alma conductora, con aislación y con o sin cubierta protectora.

**Multiconductor:** Conductor de dos o más almas conductoras aisladas entre sí, envueltas cada una por su respectiva capa de aislación y con una o más cubiertas protectoras comunes.

### 1) El aislamiento

El objetivo de la aislación en un conductor es evitar que la energía eléctrica que circula por él, entre en contacto con las personas o con objetos, ya sean éstos ductos, artefactos u otros elementos que forman parte de una instalación. Del mismo modo, la aislación debe evitar que conductores de distinto voltaje puedan hacer contacto entre sí. Los materiales aislantes usados desde sus inicios han sido sustancias poliméricas, que en química se definen como un material o cuerpo químico formado por la unión de muchas moléculas idénticas, para formar una nueva molécula más gruesa. Antiguamente los aislantes fueron de origen natural, gutapercha y papel. Posteriormente la tecnología los cambió por aislantes artificiales actuales de uso común en la fabricación de

conductores eléctricos. Los diferentes tipos de aislación de los conductores están dados por su comportamiento técnico y mecánico, considerando el medio ambiente y las condiciones de canalización a que se verán sometidos los conductores que ellos protegen, resistencia a los agentes químicos, a los rayos solares, a la humedad, a altas temperaturas, llamas, etc. Entre los materiales usados para la aislación de conductores podemos mencionar el PVC o cloruro de polivinilo, el polietileno o PE, el caucho, la goma, el neopreno y el nylon. Si el diseño del conductor no consulta otro tipo de protección se le denomina aislación integral, porque el aislamiento cumple su función y la de revestimiento a la vez. Cuando los conductores tienen otra protección polimérica sobre la aislación, esta última se llama revestimiento, chaqueta o cubierta.

## 2) Las cubiertas protectoras

El objetivo fundamental de esta parte de un conductor es proteger la integridad de la aislación y del alma conductora contra daños mecánicos, tales como raspaduras, golpes, etc. Si las protecciones mecánicas son de acero, latón u otro material resistente, a ésta se le denomina «armadura» .La «armadura» puede ser de cinta, alambre o alambres trenzados. Los conductores también pueden estar dotados de una protección de tipo eléctrico formado por cintas de aluminio o cobre. En el caso que la protección, en vez de cinta esté constituida por alambres de cobre, se le denomina «pantalla» o «blindaje».

## 1.8 Clasificación de los conductores eléctricos de acuerdo a su aislación o número de hebras

La parte más importante de un sistema de alimentación eléctrica está constituida por conductores. Al proyectar un sistema, ya sea de poder, de control o de información, deben respetarse ciertos parámetros imprescindibles para la especificación de la cablería.

- a. Voltaje del sistema, tipo (CC o CA), fases y neutro, sistema de potencia, punto central aterramiento.
- b. Corriente o potencia a suministrar.
- c. Temperatura de servicio, temperatura ambiente y resistividad térmica de alrededores.
- d. Tipo de instalación, dimensiones (profundidad, radios de curvatura, distancia entre vanos, etc.).
- e. Sobrecargas o cargas intermitentes.
- f. Tipo de aislación.
- g. Cubierta protectora.

Todos estos parámetros están íntimamente ligados al tipo de aislamiento y a las diferencias constructivas de los conductores eléctricos, lo que permite determinar de acuerdo a estos

antecedentes la clase de uso que se les dará. De acuerdo a éstos, podemos clasificar los conductores eléctricos según su aislación, construcción y número de hebras en monoconductores y multiconductores. Tomando en cuenta su tipo, uso, medio ambiente y consumos que servirán, los conductores eléctricos se clasifican en la siguiente forma:

- Conductores para distribución y poder

Uso: Instalaciones de fuerza y alumbrado (aéreas, subterráneas e interiores).

- Cordones:

Uso: Para servicio liviano, alimentación a: radios, lámparas, aspiradoras, jugueras, etc. Alimentación a máquinas y equipos eléctricos industriales, aparatos electrodomésticos y calefactores (lavadoras, enceradoras, refrigeradores, estufas, planchas, cocinillas y hornos, etc.).

Para tendidos eléctricos de alta y baja tensión, existen en nuestro país diversos tipos de conductores de cobre, desnudos y aislados, diseñados para responder a distintas necesidades de conducción y a las características del medio en que la instalación prestará sus servicios. La selección de un conductor se hará considerando que debe asegurarse una suficiente capacidad de transporte de corriente, una adecuada capacidad de soportar corrientes de cortocircuito, una adecuada resistencia mecánica y un comportamiento apropiado a las condiciones ambientales en que operará.

- Conductores de cobre desnudos

Estos son alambres o cables y son utilizados para:

- a. Líneas aéreas de redes urbanas y suburbanas.
- b. Tendidos aéreos de alta tensión a la intemperie.
- c. Líneas aéreas de contacto para ferrocarriles y trolley-buses.

- Alambres y cables de cobre con aislamiento

Estos son utilizados en:

Líneas aéreas de distribución y poder, empalmes, etc. Instalaciones interiores de fuerza motriz y alumbrado, ubicadas en ambientes de distintas naturaleza y con diferentes tipos de canalización. Tendidos aéreos en faenas mineras (tronadora, grúas, perforadoras, etc.). Tendidos directamente bajo tierra, bandejas o ductos. Minas subterráneas para piques y galerías. Control y comando de circuitos eléctricos (subestaciones, industriales, etc.). Tendidos eléctricos en zonas de hornos y altas temperaturas.

Ante la imposibilidad de insertar en este folleto la totalidad de las tablas que existen, con las características técnicas y las condiciones de uso de los conductores de cobre, tanto desnudo como aislado, entregamos a modo de ejemplo algunas de las más usadas por los profesionales, técnicos y especialistas. Se recomienda solicitar a los productores y fabricantes las especificaciones, para contar con la información necesaria para los proyectos eléctricos.

- Conductora de circuitos derivados

Los conductores se sujetan a lo siguiente:

a) Capacidad de conducción; serán de suficiente calibre para cumplir con las disposiciones de caída de voltaje y capacidad térmica.

b) Sección mínima. Los conductores no deberán ser menor que la correspondiente al calibre número catorce, para circuitos de alumbrado y aparatos pequeños, ni menor que la del número doce para circuitos que alimenten aparatos de más de tres amperes Protección contra sobrecorriente.

Cada conductor no conectado a tierra de un circuito derivado deberá protegerse contra corrientes excesivas mediante dispositivos de protección. La capacidad de estos dispositivos cuando no sean ajustables, o su ajuste cuando si lo sea deberán ser como sigue:

a) No deberán ser mayor que la corriente primitiva para los conductores del circuito.

b) Si el circuito abastece únicamente un aparato con capacidad de diez amperes o más la capacidad o ajuste del dispositivo contra corriente no excederá del 150% de la capacidad del aparato.

c) Los alambres y cordones para circuitos derivados pueden considerarse protegidos por el dispositivo de conexión contra sobrecorriente del circuito derivados.

#### 1.8.1 Canalizaciones eléctricas

Las canalizaciones eléctricas son los elementos utilizados para conducir los conductores eléctricos entre las diferentes partes de la instalación eléctrica. Las instalaciones eléctricas persiguen proveer de resguardo, seguridad a los conductores a la vez de propiciar un camino adecuado por donde colocar los conductores. Canalización es un conducto cerrado diseñado para contener cables alambres buses-dúctos, pueden ser metálicas o no metálicas. Aquí se incluyen los tipos de tuberías, dúctos charolas, etc. Que se utilizan para protegerlos del medio ambiente y esfuerzos mecánicos que pudieran tener haciéndola instalación más segura.

### 1.8.2 Tipos de tuberías

Tubo conduit de acero (metálico) Dependiendo de tipo usado se pueden instalar en exteriores o interiores, en áreas secas o húmedas. Los hay:

1. de pared gruesa.
2. de pared delgada.
3. tipo metálico flexible (greenfield).

Tubo conduit metálico rígido (pared gruesa). Este tipo de tubo conduit se suministra en tramos 3.05m de longitud en acero o aluminio y se encuentran disponibles en diámetros desde (1/2 plg), hasta (6 plg) cada extremo del tubo tiene una y uno de ellos tiene un cople. El tubo de acero normalmente es galvanizado.

Tubo metálico de pared delgada. Estos son similares a los de pared gruesa pero tiene su pared interna mucho mas delgada, se pueden utilizar en instalaciones ocultas y visibles, embebido en concreto o embutido en mampostería, pero en lugares secos no expuestos a humedad o ambientes corrosivos, estos tubos no tienen sus extremos roscados y tampoco usan los mismos conectores que los tubos metálicos rígidos de pared gruesa, de hecho usan su propios conectores de tipo atornillado

Tubo conduit- flexible de acero (metálico). El tubo conduit flexible de acero esta fabricado a base de cintas galvanizadas y unidas entre si a presión en forma helicoidal este es utilizado para la conexión de motores para evitar que las vibraciones se transmitan a las cajas de conexión y canalizaciones y cuando se hacen instalaciones en área donde se dificultan los dobleces.

Charolas para cables. Las charolas o pasos de cable son conjuntos prefabricados en secciones rectas que se pueden unir para formar sistemas de canalizaciones en general se tienen disponibles tres tipos de charolas para cables.

Charolas de paso. Tienen un fondo continuo, ya sea ventilado o no ventilado y con anchos estándar de 15, 22, 30 y 60 cm, este tipo se usa cuando los conductores son pequeños y requieren de un transporte completo, riel lateral conductores

Charolas tipo escalera. Estas son de construcción muy sencilla consisten de dos rieles laterales unidos o conectados por barrotes individuales, por lo general se usan como soporte para los cables de potencia se fabrican en anchos estándar de 15, 22, 30, 45, 60 y 75 cm de materiales de acero y aluminio.

Charolas tipo canal. Estas están constituidas de una sección de canal ventilada se usan por lo general para soportar cables de potencia sencillos, múltiples o bien varios cables de control, se fabrican de acero o aluminio con anchos de 7.5 o 10 cm.

Canalizaciones superficiales. Las canalizaciones superficiales se fabrican en distintas formas en el tipo metálico y no metálico se usan generalmente en lugares secos no expuestos en la humedad y tienen conectores y herejes de distintos tipos para dar prácticamente todas las formas deseables en las instalaciones eléctricas. Se pueden montar en pared, techo o piso según la necesidad.

## 1.9 Circuitos derivados

Se define como el conjunto de los conductores y demás elementos de cada uno de los circuitos que se extienden desde los últimos dispositivos de protección contra sobre corriente en donde termina el circuito alimentador, hacia las salidas de las cargas. La aplicación de los circuitos derivados alimenta unidades de alumbrado, aparatos domésticos y comerciales, se aplican en instalaciones de baja tensión. La clasificación de estos circuitos es dependiendo con la capacidad o ajuste de su dispositivo de protección contra corriente el cual determina la capacidad nominal del circuito. Para cargas diversas indefinidas se clasifican, de acuerdo con su protección contra sobrecorriente, como de 15, 20, 30 y 50 amperes.

### 1.9.1 Colores normales de Identificación

Para circuitos multifilares pueden marcarse como siguen:

- Circuitos trifilares: 1 negro, 1 blanco y 1 rojo
- Circuitos tetrafilares: 1 negro, 1 blanco, 1 rojo y 1 azul
- Circuitos pentafilares: 1 negro, 1 blanco, 1 rojo, 1 azul y 1 amarillo

### 1.9.2 Circuitos derivados para distintas clases de carga

Se recomienda que se instalen circuitos separados para las cargas siguientes:

- a) alumbrados para aparatos pequeños, como relojes, radios, etc.
- b) Aparatos de más de tres amperes como planchas, parrillas, etc.

## 1.10 Cálculo de la carga

Para realizar el cálculo se determinan las cargas por conectarse.

a) alumbrado y aparatos pequeños; al determinar sobre la base de watts por metro cuadrado el área de piso deberá computarse con la superficie cubierta por el edificio.

b) aparatos de más de tres amperes. Por cada contacto destinado a conectar aparatos de más de tres amperes como se considera una carga no menor a 5 amperes.

c) Hilo neutro. Cuando haya hilo neutro en el circuito derivado la carga que se considere para el neutro no deberá ser menor que el desequilibrio máximo de la carga en el circuito.

## 1.11 Relevadores

El relé o relevador (del inglés "relay") es un dispositivo electromecánico, que funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes. Fue inventado por Joseph Henry en 1835. Ya que el relé es capaz de controlar un circuito de salida de mayor potencia que el de entrada, puede considerarse, en un amplio sentido, una forma de amplificador eléctrico. Como tal se emplearon en telegrafía, haciendo la función de repetidores que generaban una nueva señal con corriente procedente de pilas locales a partir de la señal débil recibida por la línea. Se les llamaba "relevadores". De ahí "relé". Los contactos de un relé pueden ser Normalmente Abiertos (NO, por sus siglas en inglés), Normalmente Cerrados (NC) o de conmutación.

Los contactos normalmente abiertos conectan el circuito cuando el relé es activado; el circuito se desconecta cuando el relé está inactivo. Este tipo de contactos son ideales para aplicaciones en las que se requiere conmutar fuentes de poder de alta intensidad para dispositivos remotos.

Los contactos normalmente cerrados desconectan el circuito cuando el relé es activado; el circuito se conecta cuando el relé está inactivo. Estos contactos se utilizan para aplicaciones en las que se requiere que el circuito permanezca cerrado hasta que el relé sea activado.

Los contactos de conmutación controlan dos circuitos: un contacto Normalmente Abierto y uno Normalmente Cerrado con una terminal común.

### 1.11.1 Funcionamiento de un relé

El relevador se define como el dispositivo que provoca un cambio en uno o más circuitos del control eléctrico (Fig.1.3), cuando la cantidad o cantidades medidas a las cuales responde, cambian de una manera prescrita, y los clasifica en cuatro tipos:

1. Relevador auxiliar
2. Relevador de Protección
3. Relevador de Regulación
4. Relevador Verificador

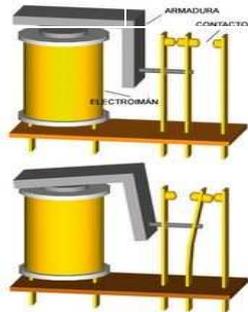


Figura 1. 3 Funciones de un relé.

1. El relevador auxiliar es usado para asistir en el desarrollo de sus funciones a los relevadores de protección como respaldo. La aplicación de los relevadores auxiliares como respaldo de los relevadores de protección puede operar con los siguientes propósitos:
  - a. Energizar circuitos de control.
  - b. Proporcionar la capacidad de los contactos para circuitos de control que necesitan corrientes de mayor intensidad que las que puedan manejarse con seguridad.
  - c. Proporcionar flexibilidad a los arreglos de contacto.
2. La función del relevador de Protección es la de detectar fallas en líneas o aparatos, o bien otro tipo de condiciones indeseables y permitir una apropiada desconexión o dar una señal de alarma.
3. El relevador de regulación es esencialmente un regulador cuya función es detectar la variación no deseada de la cantidad medida o variable controlada y cuya función es restaurar la cantidad dentro de los límites deseados o establecidos previamente.

### 1.11.2 Tipos de relés

Relés electromecánicos. Están formados por una bobina y unos contactos los cuales pueden conmutar corriente continua o bien corriente alterna. Vamos a ver los diferentes tipos de relés electromecánicos (Fig. 1.4).

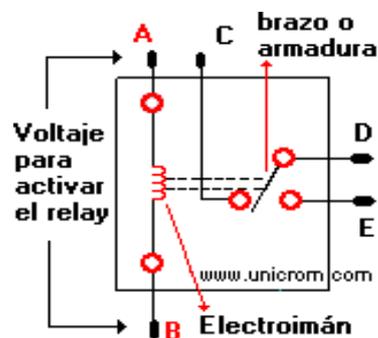


Figura 1.4 Relés electromecánicos.

Relés de tipo armadura. Son los más antiguos y también los más utilizados. El esquema siguiente nos explica prácticamente su constitución y funcionamiento. El electroimán hace vascular la armadura al ser excitada, cerrando los contactos dependiendo de si es N.O ó N.C (normalmente abierto o normalmente cerrado).

Relés de núcleo móvil. Estos tienen un émbolo en lugar de la armadura anterior. Se utiliza un solenoide para cerrar sus contactos, debido a su mayor fuerza atractiva (por ello es útil para manejar altas corrientes).

Relé tipo reed o de lengüeta. Formados por una ampolla de vidrio, en cuyo interior están situados los contactos (pueden ser múltiples) montados sobre delgadas láminas metálicas. Dichos contactos se cierran por medio de la excitación de una bobina, que está situada alrededor de dicha ampolla.

Relés polarizados. Llevan una pequeña armadura, solidaria a un imán permanente. El extremo inferior puede girar dentro de los polos de un electroimán y el otro lleva una cabeza de contacto. Si se excita al electroimán, se mueve la armadura y cierra los contactos. Si la polaridad es la opuesta girará en sentido contrario, abriendo los contactos ó cerrando otro circuito (ó varios).

Relés de estado sólido. Un relé de estado sólido (Fig. 1.5), SSR (Solid State Relay), es un circuito electrónico que contiene en su interior un circuito disparado por nivel, acoplado a un interruptor semiconductor, un transistor o un tiristor. Por SSR se entenderá un producto construido y comprobado en una fábrica, no un dispositivo formado por componentes independientes que se han montado sobre una placa de circuito impreso.



Figura 1.5 Relevador de estado sólido – 50 A monofásico, control de calor, control de motor, 24 a 240 y 200 a 480 VCA, 5 A 200 VCA.

Los diferentes tipos de operación de los relevadores son:

1. Según lo planeado
2. Fuera de lo planeado
3. Disparo incorrecto
4. No dispara

### 1.11.3 Principio de operación de los relevadores

Todos los relevadores para protección de corto circuito excepto los fusibles y los elementos de acción térmica basan su funcionamiento en dos principios básicos:

1. Atracción electromagnética
2. Inducción electromagnética

Los relevadores cuyo funcionamiento es de atracción electromagnética consisten esencialmente de un embolo magnetizado que va alojado dentro de un solenoide; o bien de una armadura articulada que es atraída por un electroimán. El principio de inducción electromagnética es usado en el de cualquier relevador pero no en mecanismos de disparo de acción directa. Dichos relevadores operan bajo el principio de los motores de inducción de los cuales el estator tiene bobinas de corriente y de potencial y el flujo creado por la circulación de corriente en ellas induce corrientes correspondientes en un disco o rotor de material no magnético pero conductor.

- Las características generales de cualquier relé son:
  - a. El aislamiento entre los terminales de entrada y de salida.
  - b. Adaptación sencilla a la fuente de control.
  - c. Posibilidad de soportar sobrecargas, tanto en el circuito de entrada como en el de salida.

- Las dos posiciones de trabajo en los bornes de salida de un relé se caracterizan por:

- a. En estado abierto, alta impedancia.
- b. En estado cerrado, baja impedancia.

### 1.11.4 Factores para la aplicación de los relevadores

Al aplicarse los relevadores a sistemas industriales se deben considerar algunos factores siendo los más importantes:

- 1) Simplicidad
- 2) Confiabilidad
- 3) Mantenimiento
- 4) Fuente de energía para el disparo
- 5) Grado de selectividad requerido
- 6) Carga del sistema
- 7) Ampacidad de los cables

## Ventajas del uso de relés

La gran ventaja de los relés es la completa separación eléctrica entre la corriente de accionamiento (la que circula por la bobina del electroimán) y los circuitos controlados por los contactos, lo que hace que se puedan manejar altos voltajes o elevadas potencias con pequeñas tensiones de control.

Posibilidad de control de un dispositivo a distancia mediante el uso de pequeñas señales de control. Con una sola señal de control, se pueden controlar varios relés a la vez y por tanto distintos elementos.

## 1.12 Instalación eléctrica de motores

La instalación eléctrica para motores se debe de hacer siempre de acuerdo con las disposiciones de las normas técnicas para instalaciones eléctricas que se refieren no sólo a la instalación misma de los motores, sino, también a los requisitos que deben llenar los elementos que la conforman.

### 1.12.1 Protección de motores

La explotación óptima de la capacidad de los motores se hace cada día más necesaria por su gran influencia en el concepto de rentabilidad de las instalaciones. Por otra parte, el mismo concepto exige que la instalación sólo se pare en aquellos casos absolutamente imprescindibles. Esto requiere necesariamente el empleo de un buen sistema de protección de motores.

Para que un buen motor funcione sin problemas es necesario satisfacer los tres puntos siguientes:

1. Elección del motor según su utilización.
2. Montaje correcto, mantenimiento regular y funcionamiento cuidadoso.
3. Una buena protección que detecte los peligros y, siempre que sea posible, desconecte el motor antes de la avería.

Cuando se produce un defecto en un motor no sólo hay que considerar el costo de la reparación del mismo, ya que muchas veces el costo de la parada de producción llega a ser más elevado que la reparación, como muy bien saben los responsables de producción y mantenimiento. De ahí la importancia de un buen sistema de protección que sólo actúe cuando haya un verdadero peligro, evitando las paradas innecesarias.

La experiencia nos demuestra la protección de motores continua siendo un problema, dado el número de averías que se producen cada año.

### 1.12.2 Problemas actuales sobre la protección de motores

El resultado de un estudio hecho con más de 9.000 casos de defectos de motores en Inglaterra, Finlandia y Estados Unidos, indica que más de la mitad de los defectos producidos en los motores se deben a sobrecarga térmica, fallo de fase y humedad, aceite, polvo, etc.

Es importante destacar que estos defectos se han producido a pesar de la presencia de un sistema de protección normal, generalmente relés térmicos bimetálicos. Por otra parte, mientras que sólo el 25% de los casos de defectos corresponde a motores de potencia superior a los 40 KW, el costo de la reparación de los mismos supone casi el 80% del total, lo que demuestra claramente que una buena protección es tanto más necesaria cuanto mayor es la potencia del motor (Tabla 1.1).

Tabla 1.1 Problemas más comunes en el uso de motores eléctricos.

<b>Tipo de defecto</b>	<b>% defectos</b>	<b>%media</b>
Sobrecarga térmica	46 - 18	30
Fallo de fase	22 - 5	14
Humedad, polvo, aceite, etc.	21 - 15	19
Envejecimiento del aislante	10 - 7	10
Defectos del rotor	13 - 10	13
Defectos de cojinetes	3 - 7	5
Diversos	11 - 5	9
Defectos por año	2,5	4

Como demuestra la estadística de defectos, el arrollamiento del estator es la parte más vulnerable del motor desde el punto de vista térmico, siendo los materiales aislantes de los conductores que forman el bobinado los principales responsables. Los aislantes utilizados están previstos para unas temperaturas de funcionamiento bien definidas según la clase de aislamiento; para motores se utilizan generalmente las clases B y F, que admiten en permanencia unas temperaturas máximas de 120°C y 140°C respectivamente.

Los motores se dimensionan normalmente para una vida teórica del orden de 25.000 horas de servicio (aproximadamente 10 años) con el aislamiento sometido a una temperatura máxima admisible en permanencia (p.e. 120°C para clase B). Cuando se sobrepasa esta temperatura, la vida del motor se reduce según una regla generalmente aceptada, llamada regla de Montsinger.

Según esta regla, cuando a un motor se le hace trabajar en permanencia a 10°C por encima de su temperatura límite (p.e. 130°C para clase B), su vida se reduce aproximadamente a la mitad, de 25.000 horas a 10.000 horas, y si se le hace trabajar a 20°C más, su vida se reduce aproximadamente a la quinta parte, es decir, a unas 4.500 horas.

Esto equivale a decir que cuando se regula un relé térmico de forma incorrecta a una intensidad superior a la nominal del motor, es muy probable que éste trabaje por encima de su temperatura límite, lo que supone, como hemos visto, una reducción de la vida del mismo.

1.12.3 Los sistemas más usuales de protección de motores son:

a) Relés térmicos bimetálicos

Los relés térmicos bimetálicos constituyen el sistema más simple y conocido de la protección térmica por control indirecto, es decir, por calentamiento del motor a través de su consumo.

En caso de sobrecarga, al cabo de un determinado tiempo definido por su curva característica, los bimetales accionan un mecanismo de disparo y provocan la apertura de un contacto, a través del cual se alimenta la bobina del contactor de maniobra. Este abre y desconecta el motor.

Por otra parte, los relés térmicos tienen una curva de disparo fija y está prevista para motores con arranque normal, es decir, con tiempos de arranque del orden de 5 a 10 segundos. Así pues, el sistema de protección por relés térmicos bimetálicos es generalmente utilizado por ser, con mucho, el más simple y económico, pero no por ello se deben dejar de considerar sus limitaciones, entre las cuales podemos destacar las siguientes:

- Curva de disparo fija, no apta para arranques difíciles.
- Ajuste impreciso de la intensidad del motor.
- Protección lenta o nula contra fallos de fase, dependiendo de la carga del motor.
- Ninguna señalización selectiva de la causa de disparo.
- Imposibilidad de auto controlar la curva de disparo.

b) Interruptor automático de motor

Los interruptores automáticos de motor utilizan el mismo principio de protección que los interruptores magnetotérmicos. Son aparatos diseñados para ejercer hasta 4 funciones:

- 1.- Protección contra sobrecargas.
- 2.- Protección contra cortocircuitos.
- 3.- Maniobras normales manuales de cierre y apertura.
- 4.- Señalización.

Este tipo de interruptores, en combinación con un contactor, constituye una solución excelente para la maniobra de motores, sin necesidad de fusibles de protección. Estos interruptores disponen de una protección térmica. Cada uno de los tres polos del interruptor automático dispone de un disparador térmico de sobrecarga consistente en unos bimetales por los cuales circula la intensidad

del motor. En caso de una sobrecarga el disparo se produce en un tiempo definido por su curva característica.

La protección magnética o disparador magnético de cortocircuito consiste en un electroimán por cuyo arrollamiento circula la corriente del motor y cuando esta alcanza un valor determinado se acciona bruscamente un núcleo percutor que libera la retención del mecanismo de disparo, obteniéndose la apertura de contactos en un tiempo inferior a 1 ms. La intensidad de funcionamiento del disparador magnético es de 11 a 18 veces la intensidad de reglaje, correspondiente a los valores máximo y mínimo del campo de reglaje.

Otra característica interesante en este tipo de aparatos es la limitación de la corriente de cortocircuito por la propia resistencia interna del interruptor, correspondiente a los bimetales, disparadores magnéticos y contactos. Este efecto disminuye a medida que aumenta la intensidad nominal del aparato.

Estos interruptores, en su lateral izquierdo, disponen de un alojamiento para la colocación de un bloque de contactos auxiliares. Un contacto normalmente cerrado y otro normalmente abierto pueden servirnos para todas aquellas funciones de señalización que deseemos.

También es posible desconectar a distancia estos interruptores, ya que se dispone, en su lateral derecho, de alojamiento para colocar una bobina de disparo por emisión de tensión, o una bobina de disparo por mínima tensión.

#### c) Protección electrónica de motores

El secreto de una buena protección está en simular lo más exactamente posible el comportamiento térmico del motor, lo que evidentemente no es nada fácil. Son muchas las causas que afectan al buen funcionamiento de un motor y por lo tanto solamente un dispositivo electrónico es capaz de realizar los distintos reglajes y las distintas combinaciones necesarias para poder cubrir la casi totalidad de las posibles causas de avería que se pueden presentar en un motor.

#### d) Relé CEF1 electrónico de protección de motor

Se trata de un aparato de fijación sobre raíl omega en el que todos los elementos de mando y señalización se han dispuesto en la parte frontal del aparato.

El CEF1 realiza todas las funciones de simulación que le caracterizan mediante la señal extraída de tres transformadores de intensidad, incorporados en el propio aparato. De esta forma podemos decir que no hay una conexión directa del relé con el circuito de potencia que alimenta al motor.

El circuito electrónico del relé se alimenta con tensión alterna de 220V, lo cual quiere decir que en la gran mayoría de los casos obtendremos esta tensión entre una cualquiera de las fases de alimentación del motor y el neutro.

Al igual que la mayoría de los relés electrónicos, la combinación de todas sus características y funciones se traduce finalmente en dos contactos, uno normalmente cerrado y otro normalmente abierto. Por lo general es el contacto normalmente cerrado el que se utilizará para desactivar la función memoria del contactor, en caso de detección de avería, y el normalmente abierto para la señalización.

#### e) Señalización de sobrecarga

Cuando la intensidad del motor supera el 110% del valor ajustado para la intensidad nominal, existe un diodo luminoso (LED), que se ilumina de forma intermitente. Con ello se puede controlar la duración del arranque o ajustar la intensidad nominal a su justo valor.

#### f) Protección contra fallos de fase y asimetría

En el caso de fallo de fase o asimetría de las intensidades superiores al 25%, el relé CEF1 dispara en 1,5 segundos durante el arranque y en 3 segundos en marcha normal, independientemente de la carga del motor. El disparo queda señalizado mediante el LED correspondiente.

#### g) Protección térmica mediante sonda CTP

El CEF1 lleva incorporada la circuitería correspondiente al disparo por sondas térmicas. El disparo térmico, la ruptura o el cortocircuito de la sonda son señalizados mediante un LED.

#### h) Pulsador reset

Después de un disparo del relé, este debe ser rearmado manualmente mediante un pulsador de "Reset" colocado en la parte frontal del aparato. Cuando el disparo se ha producido por sobrecarga, el rearme tarda un tiempo en poder realizarse con el fin de dar tiempo a que se enfríe el motor.

#### i) Señalización del estado de funcionamiento

Un diodo luminoso, LED, de color verde, señala la presencia de alimentación y que el aparato está preparado para entrar en servicio.

La conexión del relé es muy simple ya que se alimenta como hemos dicho anteriormente a 220V, los transformadores de intensidad incorporados obtienen la señal de mando del relé, y el contacto normalmente cerrado, 95–96, sirve para controlar la función memoria del contactor. El contacto normalmente abierto, 97–98, se utiliza como señalización.

j) Criterios de elección de un sistema de protección

Establecer unos criterios generales para la elección del sistema de protección más adecuado en cada caso no resulta fácil, entre otras razones porque la elección depende de la responsabilidad del funcionamiento del motor en el conjunto de la instalación.

En primer lugar habrá que tener presente las características de los distintos sistemas de protección estudiados.

En segundo lugar es necesario considerar el precio de cada sistema de protección en comparación con el costo de un motor nuevo y con el coste de la reparación del mismo. Los precios aproximados se han indicado para la gama de potencias más usuales, considerando motores de jaula de ardilla, 380/660 V, forma B-3 y protección IP-54.

## 2 MARCO DE LA EMPRESA

### 2.1 Introducción

En el presente capítulo se detallarán aspectos de la empresa, como son, su organización, situación actual de la misma, su entorno, detalles de la empresa así como la detección de las necesidades y sus problemas. Se expondrán imágenes de cómo está compuesta la empresa y diversos detalles de la misma.

### 2.2 Organigrama de la empresa.

La organización de la empresa esta consiste de (Fig.2.1):

- Director general: Tiene la responsabilidad de la representación legal de la empresa.
- Gerente General: lleva la adecuada administración de los recursos, así como la aprobación final de los diseños, así mismo tiene trato constante con los clientes.
- Ventas: establece el contacto con los clientes, para canalizar sus necesidades.
- Diseño/ingeniería: Se realiza el diseño del producto de acuerdo a normas, y necesidades del cliente, tanto de operación y capacidad como de espacio. Dentro de este departamento también encontramos el área de servicios de reparación y mantenimiento de los equipos producidos y no dentro de la fábrica.
- Insumos: se encarga de tener listos los materiales, que solicita producción para los productos a fabricar o reparar, además de encargarse del equipo de protección de los trabajadores (cascos, goles, etc.).
- Producción: es responsable de la manufactura del producto de acuerdo al diseño ya aprobado.

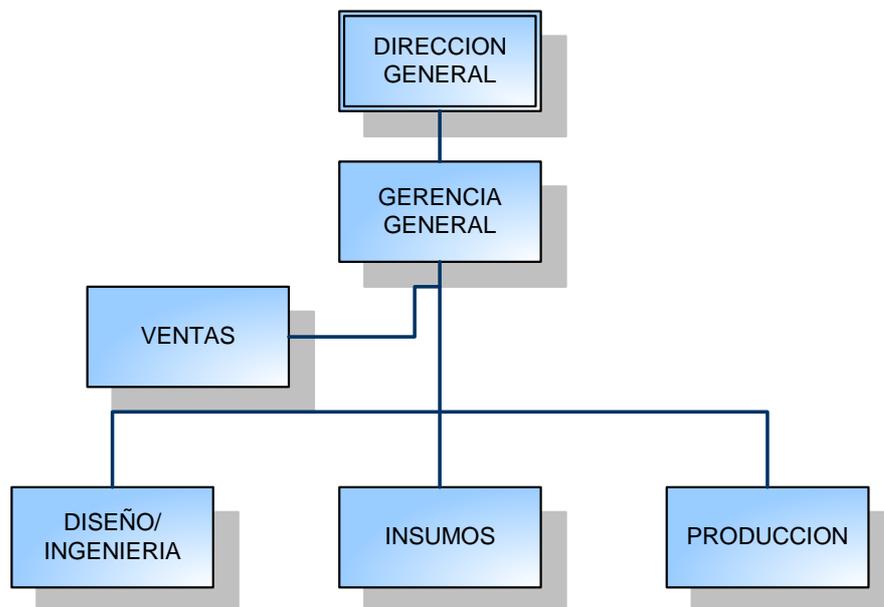


Figura 2.1 Organigrama actual de la empresa.

### 2.3 Flujo de proceso

El proceso de fabricación de máquinas procesadoras de alimentos inicia con el departamento de ventas, dónde se determina el tipo de proyecto a realizar (Fig.2.2).

De aquí también se desprende al área de recepción de equipos a los que se les dará mantenimiento, y reparación o reacondicionamiento, para concluir con la entrega al cliente.

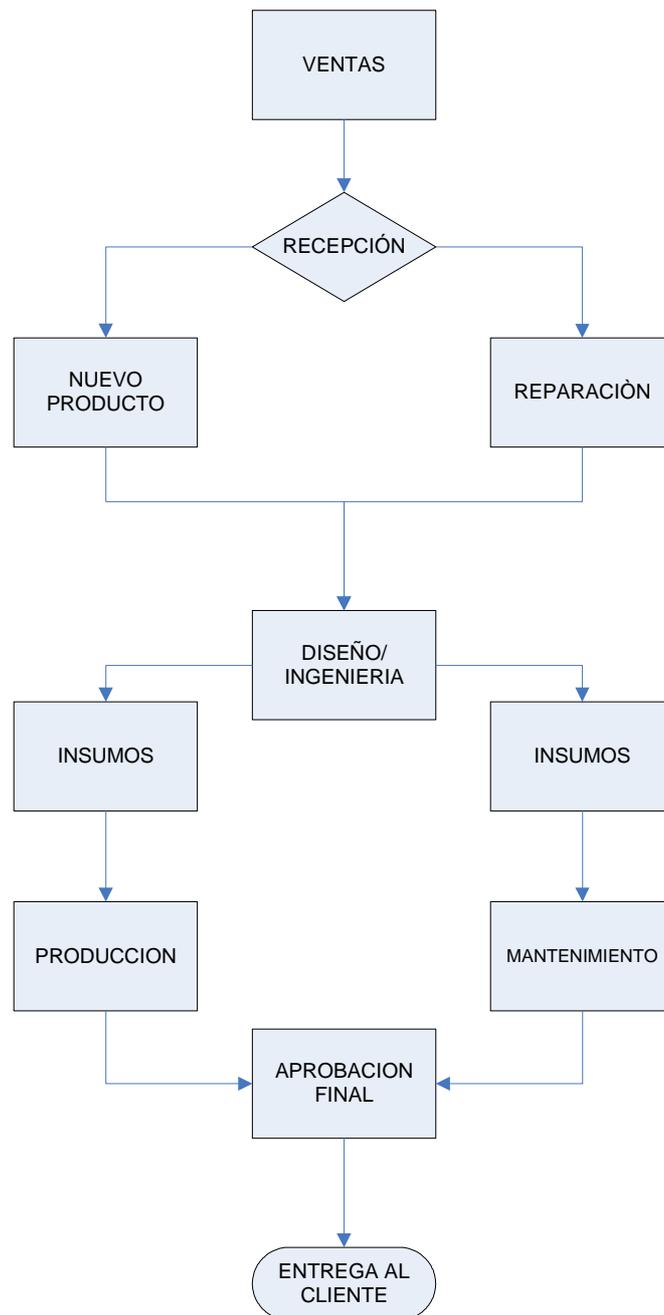


Figura 2.2 Flujo actual de proceso de la empresa.

- Ventas: es donde se realiza, mediante comunicación con otras empresas o centros de ventas de equipos, el convenio para la producción de equipos varios de acuerdo a sus requerimientos o necesidades según sea el caso.
- Recepción: en esta área se toman las decisiones para su diseño o reparación de acuerdo a las necesidades del cliente.
- Nueva producción: una vez tomada la decisión se estima el costo del producto para ser reportado a ventas y esta a su vez al cliente y de aquí pasar a la siguiente etapa.
- Reparación: la empresa también se dedica a la reparación de los equipos que se diseñaron y se vendieron al cliente cuando este lo solicita, se reporta el costo de reparación a ventas y este a su vez lo reporta al cliente para su autorización.
- Diseño/ingeniería: en esta etapa se hace el diseño para su fabricación, se calculan los materiales a utilizar, el tiempo de fabricación, así como el tiempo para la entrega.
- Producción: se realiza la manufactura de la máquina de acuerdo al previo diseño.
- Mantenimiento: el mantenimiento es el servicio preventivo de un equipo solicitado por el cliente para su óptimo rendimiento, antes, se hace el diagnóstico para enviar su costo a ventas y este lo reporte al cliente para su autorización.
- Pruebas finales: el equipo cuenta con muchas partes eléctricas las cuales son instaladas al final del ensamble del equipo, y que requiere ser probado constantemente en la empresa antes de entregar al cliente.
- Entrega al cliente: el equipo es entregado al cliente.

Cabe mencionar, que todas las actividades dentro de este proceso son importantes y es imprescindible la coordinación de cada una de ellas para que el producto final sea entregado en tiempo y forma al cliente

## 2.4 Estado actual de la instalación eléctrica

Esta es la acometida principal (Fig.2.1 y Fig.2.2), se tienen 3 medidores, una fase por medidor, se requiere una alimentación trifásica para la mayoría de sus equipos industriales, exceptuando aquellos como cortadoras, pulidoras y taladros manuales que son monofásicas. Por lo que cada medidor alimenta una fase, consiguiendo con esto una tensión de 220 V entre líneas.

Es importante señalar que el estado actual de la instalación no cuenta con sistemas de protección como el de tierras ni subestación; tampoco bancos de capacitores.



Figura 2.1A.

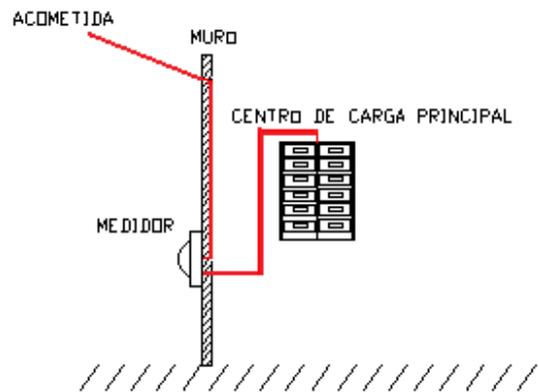


Figura 2.1B.

Figura 2.1A y Figura 2.1B. Los medidores monofásicos que registran el consumo en planta, se encuentran en el exterior de la nave y son cuatro pero uno se encuentra inhabilitado, con esto, se tiene la alimentación trifásica para los equipos de planta.

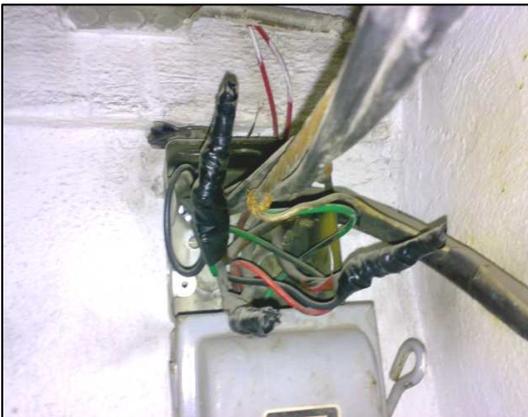


Figura 2.2



Figura 2.3

La acometida principal entra a la nave por un muro en la parte superior y vuelve a salir en este punto (Fig.2.2) a los medidores, en ese mismo punto regresan al interior de la nave hacia el tablero principal y a este centro de carga de 30 A (Fig.2.3) para la iluminación y contactos de oficina y planta de 110V.

Una de estas líneas está sobrecargada ya que además de alimentar a la nave industrial, también suministra, el área de oficinas y comedor (iluminación y contactos), donde se tienen computadores, equipo de video de circuito cerrado, lámparas incandescentes y fluorescentes, horno de microondas, etc.

Las líneas están desbalanceadas y esto ocasiona sobrecalentamiento en una de ellas, que traen como consecuencia problemas graves a futuro, como deterioro del conductor, daño en los equipos e incendios por cortocircuito. Hay cables expuestos y colgando cerca de partes en

movimiento (Figura 2.4). No hay una canaleta adecuada que proteja e identifique los conductores de la planta esto ocasiona condiciones inseguras como cables colgados.



Figura 2.4. Cables expuestos cerca del elevador de carga.



Figura 2.5A.



Figura 2.5B.

Los cables no se encuentran marcados, algunos están deshabilitados y no se encuentran protegidos a lo largo de todo su trayecto (Fig.2.5A). Las canaletas o charolas que los conducen están en malas condiciones (Fig.2.5B).

Estas condiciones inseguras pueden provocar accidentes considerables ya que el amontonamiento de cables en las canaletas provocará un sobrecalentamiento, así mismo, los cables empataados pueden provocar un cortocircuito. Aunado a todo esto tener cerca materiales con alto grado de inflamabilidad aumenta las probabilidades de accidentes (Figura 2.6).

Por otra parte las caídas de tensión y el deterioro del aislante en los conductores hacen necesario realizar un adecuado diseño y selección de conductores para el presente proyecto.



Figura 2.6. Cables expuestos y cerca de materiales inflamables.

La mayoría de los tableros, como los centros de carga, se encuentran abiertos. Esto ocasiona tener cables expuestos y riesgo por descargas eléctricas o daños a los equipos por cortocircuito (Fig. 2.7A y 2.7B).



Figura 2.7A. Tablero abierto.



Figura 2.7 B. Cables expuestos.

Otra situación que se presenta es que los fusibles son puenteados, aumentando con esto el riesgo de sobrecarga y cortocircuito, así como daño a los equipos, conductores y operadores (Fig. 2.8A y Fig.2.8B).



Figura 2.8A. Fusibles puenteados.



Figura 2.8B. Centro de carga abierto.

Muchos equipos sufren constantes reubicaciones en la planta por lo que hay diferentes máquinas conectadas de manera insegura y provisional en un solo tablero, esto ocasiona que se tengan 2 o más circuitos diferentes con tensiones de 110 y 220 V en un mismo arrancador (Fig.2.9). Los relevadores que protegen estos circuitos son insuficientes o tienen que ser punteados para satisfacer esta necesidad.

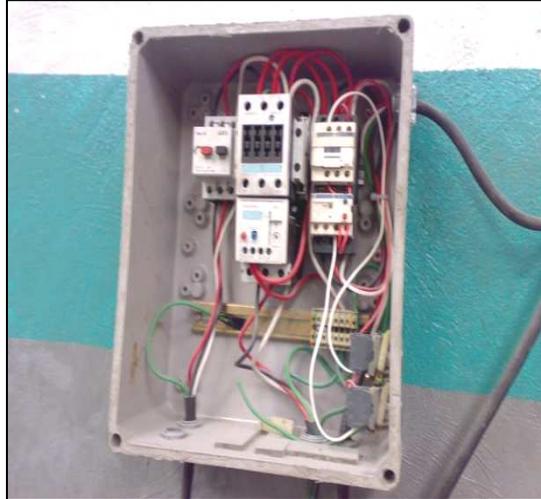


Figura 2.9. En un mismo tablero, se encuentran circuitos diferentes; trifásico y monofásico; para equipos diferentes.

La seguridad industrial es importante y hablando de sistemas eléctricos el objetivo de esta, es disminuir el riesgo de incendios por cortocircuito. No se encuentran áreas establecidas y delimitadas para los equipos de oxicorte y los contenedores de gas se encuentran muy cerca de los centros de carga y las soldadoras (Fig.2.10).



Figura 2.10. Plantas de soldar a disposición de un centro de carga.

## 2.5 Distribución de equipos actual de la empresa

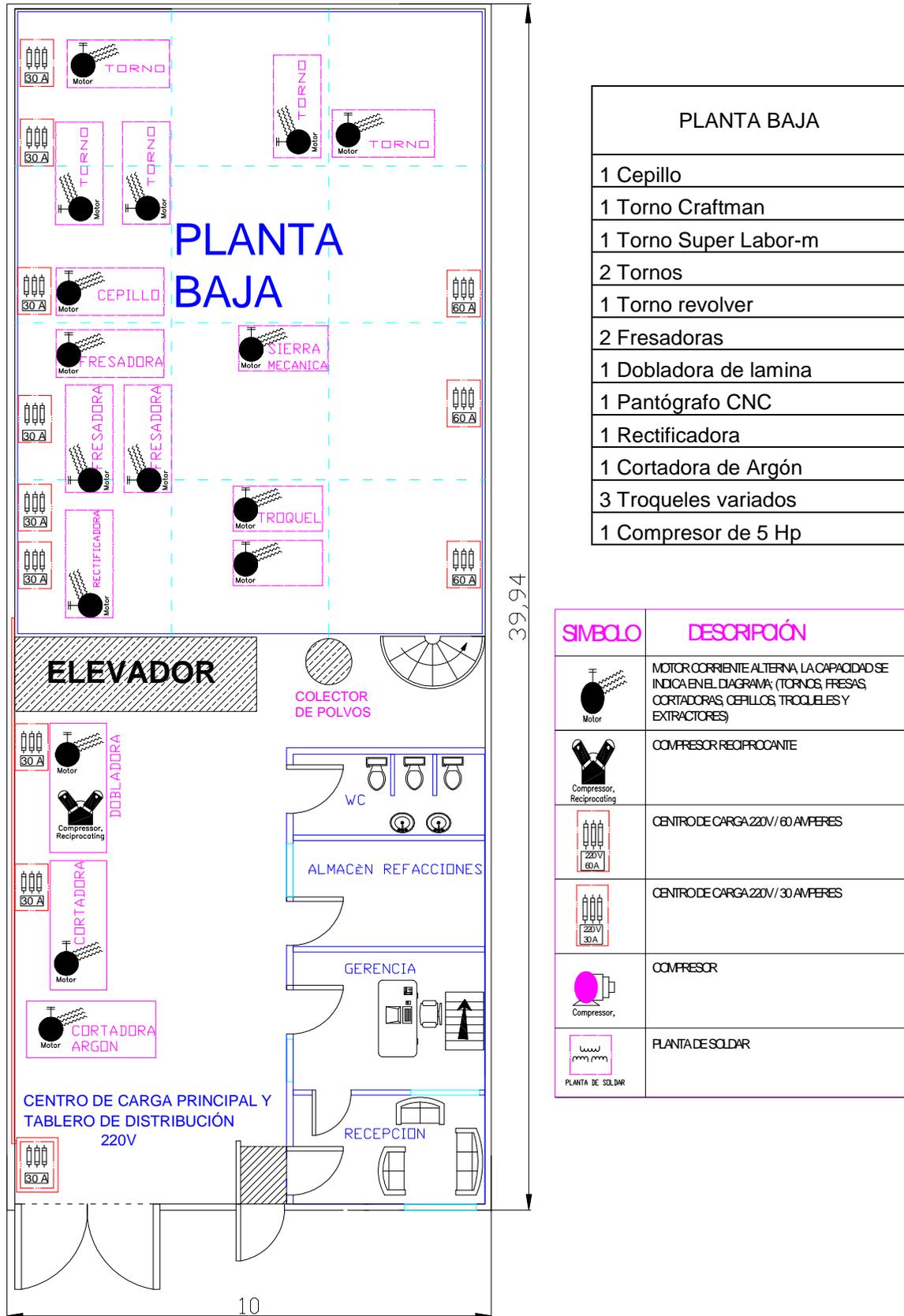
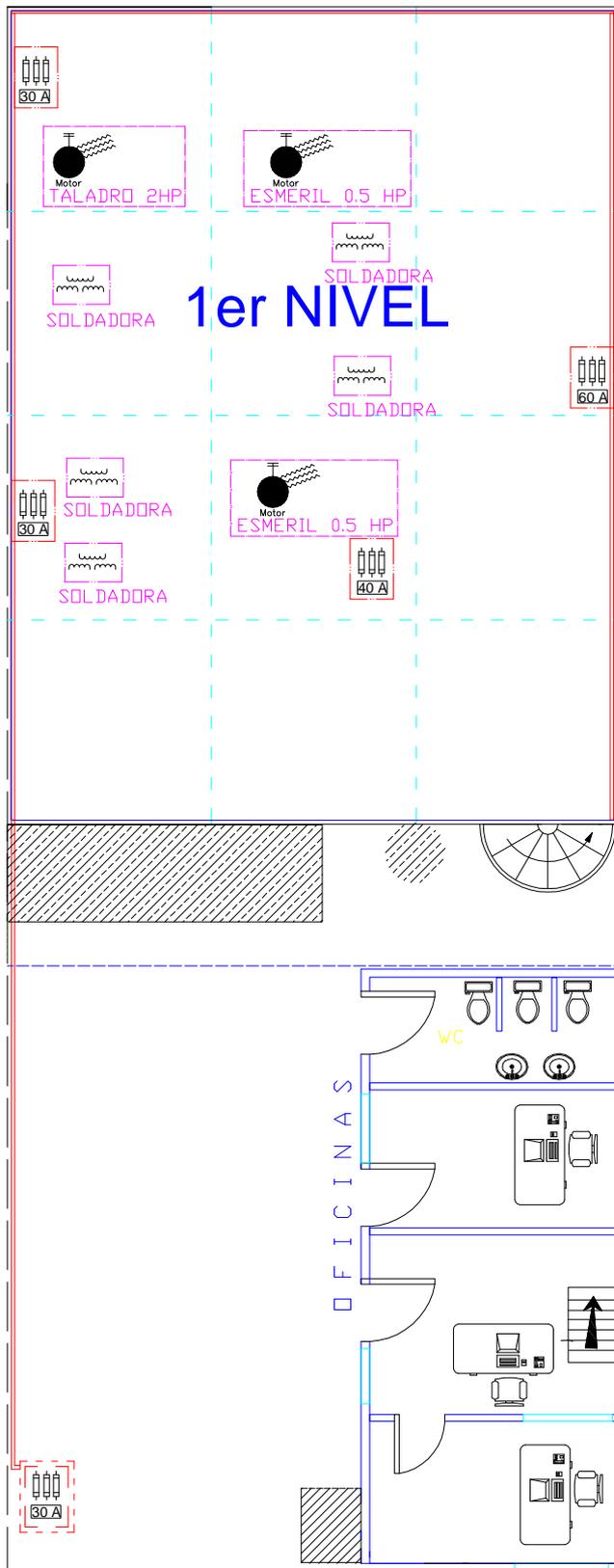


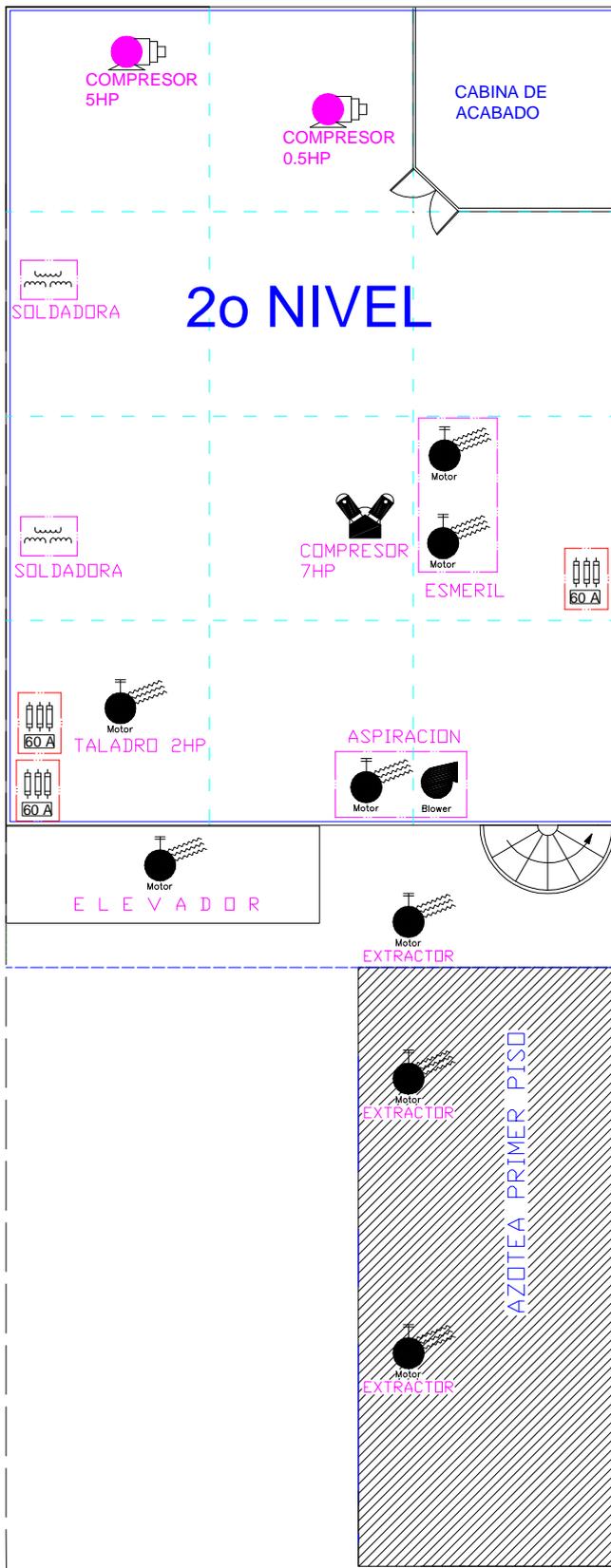
Figura. 2.11. Diagrama de distribución de planta baja.



PRIMER PISO
1 taladro de banco 2Hp
1 esmeril 0.5 Hp
5 soldadoras de transformador

SIMBOLO	DESCRIPCIÓN
	MOTOR, CORRIENTE ALTERNIA, LA CAPACIDAD SE INDICA EN EL DIAGRAMA; (TORNCOS, FRESAS, CORTADORAS, CEPILLOS, TROQUELES Y EXTRACTORES)
	COMPRESOR RECIPROCANTE
	CENTRO DE CARGA 220V / 60 AMPERES
	CENTRO DE CARGA 220V / 30 AMPERES
	COMPRESOR
	PLANTA DE SOLDAR

Figura.2.12. Diagrama de distribución del primer piso.



SEGUNDO PISO
1 Compresor de 5 Hp
1 Compresor portátil de 0.5 Hp
1 Compresor de 7 Hp
2 Esmeriles de 0.5 Hp
1 Taladro de banco de 2 Hp
1 Elevador de carga de 3 Ton.
1 Motor de aspiración
3 Motores de extracción

SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
	MOTOR CORRIENTE ALTERNA, LA CAPACIDAD SE INDICA EN EL DIAGRAMA; (TORNOS, FRESAS, CORTADORAS, CEPILLOS, TROQUELES Y EXTRACTORES)
	COMPRESOR RECIPROCANTE
	CENTRO DE CARGA 220V / 60 AMPERES
	CENTRO DE CARGA 220V / 30 AMPERES
	COMPRESOR
	PLANTA DE SOLDAR

Figura.2.13. Diagrama de distribución del segundo piso.

## 2.6 Imágenes de la instalación

Estas son imágenes de cómo se encuentra actualmente la distribución de planta en la empresa.

En las siguientes imágenes se muestra la distribución la planta baja, tales como tornos, cepillos, fresadoras, rectificadora, troqueles, dobladora y cortadoras de lámina (Fig. 2.14- Fig2.16). En este nivel, sólo se tiene el centro de carga principal, con una distribución de alimentación trifásica a cuatro hilos con una tensión de 220 V entre fases (línea-línea) y una tensión de 127 V entre línea- neutro.



Figura 2.14. Vista general Planta baja.



Figura 2.15. Pasillo principal Planta Baja.



Figura 2.16. Evaluación de un equipo.

En las siguientes imágenes se muestran los diversos tornos, fresadoras, troqueles, cortadoras, rectificadoras, y cepillos con los que se trabaja en la fabricación de equipos (fig.2.17-Fig.2.26).

## Planta Baja

La siguiente, es la distribución de la planta baja, ésta es el área de máquinas herramientas, aquí se encuentran los equipos necesarios para realizar los maquinados y ajustes de piezas manufacturadas aquí mismo (Fig.2.17-Fig.2.22).



Figura 2.17. Torno horizontal a 220 V parte posterior de la nave.



Figura 2.18. Fresa vertical a 220 V fuera de servicio.



Figura 2.19. Fresa a 220 V conectada a centro de carga de 60 A.



Figura 2.20. Cepillo a 220 V con conexión directa sin protección.



Figura 2.21. Torno horizontal a 220 V con área de trabajo reducido y centro de carga saturado.



Figura 2.22. Torno horizontal semiautomático a 220 V.

El área de troquelado se encuentra mal ubicada, está en el pasillo principal y su centro de carga está retirado (Fig.2.23 y Fig.2.24).



Figura 2.23. Troquel 1.



Figura 2.24. Troquel 2.

Las condiciones de los equipos no son óptimas y las medidas de seguridad también dejan mucho que desear, el cable de alimentación se encuentra en el suelo y las partes en movimiento como poleas, transmisiones e instrumentos de corte no cuentan con guardas de seguridad (Fig2.27).



Figura 2.25. Cortadora mecánica a 127 V.



Figura 2.26. Vista superior parte posterior de la nave.

Existen muchos espacios muertos, y la maquinaria para el proceso no está distribuida para que éste sea continuo y eficiente (Fig.2.28).

En la planta Baja, se encuentra el departamento de Pailería, lo conforman una dobladora y dos cortadoras, una cizalla para lámina y una de argón para placa (Fig.2.27- Fig.2.30).



Figura 2.27. Dobladora de lámina con alimentación del centro de carga principal.



Figura 2.28. Dobladora de lámina vista frontal.



Figura 2.29. Cortadora de lámina con alimentación del centro de carga principal.



Figura 2.330. Pantógrafo CNC.

Estas son algunas de las máquinas que se encuentran en la planta baja fuera de servicio, averiadas o inhabilitadas actualmente, pero que en algún momento fueron utilizadas por la planta en el proceso (Fig2.31 y Fig.2.32).



Figura 2.31. Electroerosionadora de penetración.



Figura 2.32. Troquel a 220 V.

Esta es el área de ensamblado, la mayoría de equipos aquí encontrados fueron plantas de soldar.

La figura 2.33 es una imagen general que muestra como está compuesta el área.



Figura 2.33. Vista general primer piso.

La mayoría de los equipos utilizados para el ensamble son portátiles (Fig.2.36).



Cortadora.

Soldadora de arco.

Soldadora de Argón.

Esmeril/carda.

Figura 2.34. Equipos usados para el ensamble.

### Segundo Piso

En el segundo piso se le da el acabado final y la presentación final al proyecto. Las siguientes son imágenes de los elementos necesarios para el proceso de acabado por sand blast (Fig2.35- Fig.2.38).



Figura 2.35. Compresor.



Figura 2.36. Cabina de acabado.



Figura 2.37. Colector de polvos. Vista inferior.



Figura 2.38. Colector de polvos. Vista superior.

Es importante trasladar los materiales y equipos necesarios para el proceso por la planta, para este fin está el elevador de carga (Fig.2.39 Y Fig.2.40).



Figura 2.39. Elevador de carga. Caja de seguridad.



Figura 2.40. Elevador de carga. Plataforma de carga.

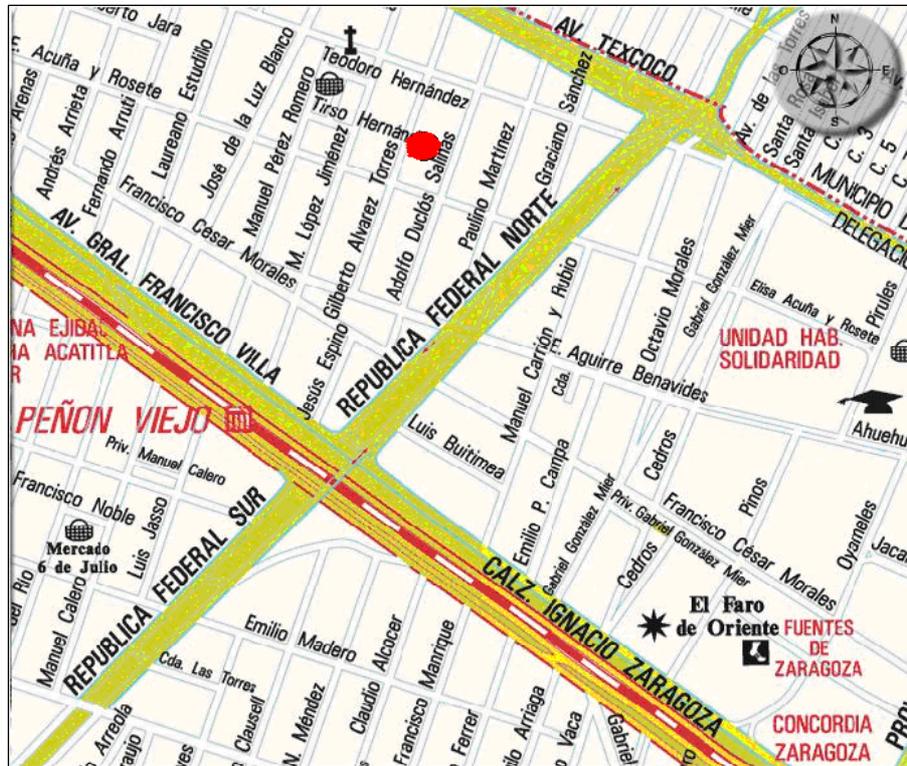
El centro de carga principal se encuentra a la entrada de la planta en el primer nivel, y suministra de energía a toda la planta con un circuito derivado para el segundo y tercer piso y otro para los equipos de la planta baja (Fig.2.41).



Figura 2.41. Esta imagen muestra el centro de carga principal con que se alimenta la fábrica y que sirve para alimentar a las máquinas de la nave.

## 2.7 Ubicación de la empresa

La empresa se encuentra ubicada en la zona de Netzahualcóyotl, en la colonia de Zona Urbana Ejidal Santa Martha Acatitla Norte, y está delimitada por las avenidas Texcoco, República Federal Norte e Ignacio Zaragoza. (Fig. 2.42).



● Ubicación actual de la empresa.

Figura 2.42. Plano de sitio que muestra la ubicación de la planta.

## 2.8 Problemas

Los problemas encontrados durante la visita son:

- A primera vista se detectó que el centro de carga existente es inadecuado, no hay un diseño que cubra las necesidades de la empresa.
- La empresa no cuenta con un sistema de subestación, ni sistema de tierras.
- La ubicación de los equipos respecto a las fuentes de alimentación son incorrectas ya que están demasiado alejadas y en el peor de los casos hay más de un equipo conectado en los tableros.
- El motor del ventilador para la aspiración del segundo piso de la nave se encuentra con una inadecuada conexión, esto quiere decir que el cable de alimentación pasa por el camino de los trabajadores, que no existe un acomodo correcto y adecuado de la alimentación.
- Las canaletas que conducen los cables se encuentran en malas condiciones e incompletas y en algunas áreas no existen.

Como detección principal dada por los trabajadores es que:

- Los equipos no cuentan con clavijas, por lo tanto es necesario conectar directamente los cables de los equipos a una caja de fusibles.
- Otro problema principal e importante es un centro de carga sobrecargado con un torno y un cepillo conectados, en el cual los fusibles se queman constantemente

## 2.9 Necesidades

1. Identificar y señalar el centro de carga principal.
2. Colocar subcentros de carga en cada nivel de planta que distribuyan adecuadamente la energía eléctrica.
3. Establecer la distribución de equipos y procesos.
4. Identificar circuitos conductores.
5. Elaborar diagramas de fuerza y de control de los diferentes circuitos principales y derivados.
6. Hacer el balance de cargas y separar la alimentación trifásica de la monofásica usada para iluminación y contactos.
7. Valorar el calibre de los conductores.
8. Colocar charola y/o tubería conduit para el traslado de los cables.

### 3 Anteproyecto de la instalación eléctrica.

#### 3.1. Introducción.

En este capítulo se presentan las actividades para la solución de los problemas planteados en el capítulo anterior, como son: la recopilación de datos y lecturas en planta, memorias de cálculo, datos de los equipos y la instalación así como tablas comparativas de los valores obtenidos.

#### 3.2. Levantamiento de cargas.

Se tomaron lecturas en planta, con el amperímetro de gancho, de todos los equipos en plena carga, las siguientes tablas muestran los datos recabados. En la (Tabla 3.1), se registra la carga en cada fases, (en un día de trabajo normal) en la acometida principal, este es el punto antes de todos los circuitos derivados.

Tabla 3.1. Tensión de alimentación y carga en acometida.

	AMPERAJE	VOLTAJE
ACOMETIDA	31 – 38 -45	127 V ENTRE LINEA Y NEUTRO 220V ENTRE LINEA Y LINEA

Tabla.3.3 Inventario de cargas nominales

<b>DATOS NOMINALES DE MOTORES EN PLANTA</b>					
<b>EQUIPO (MOTOR)</b>	<b>A</b>	<b>V</b>	<b>Hp</b>	<b>RPM</b>	<b>Hz</b>
CEPILLO	10	220	4	1750	60
TROQUEL No. 1	9	220	3	1740	60
TROQUEL No. 2	9	220	3	1450	60
TROQUEL NUEVO	9	220	3	1740	60
FRESA No. 1	10	220	6	1740	60
FRESA No. 2	10	220	6	1740	60
TORNO No. 1	9	220	5	1760	60
TORNO No. 2	6.4	220	5	1750	60
TORNO No. 3	10	220	5	1700	60
TORNO W&S	20	220	5	1765	60
TORNO AUTOMATICO	12	220	5	1750	60
MOTOR (D)	6.2	220	5	1780	60
COMPRESOR (D)	20	220	5	1780	60
MOTOR ©	10	220	6	1740	60
RECTIFICADORA	13	220	5.5	1745	60
SIERRA MECANICA	6.5	220	2	1760	60
SOLDADURA DE ARGON	15	220	3	1760	60
COMPRESOR No 1	20	220	7.5	1750	60
ASPIRACION	25	220	7.5	1750	60
EXTRACTOR No 1	5	220	7.5	1750	60
EXTRACTOR No 2	5	220	7.5	1750	60

### 3.3. Desarrollo

Para el cálculo de la cargas se elaboró un programa en una hoja de cálculo (Fig.3.1), en la que se grabaron las fórmulas de eficiencia del motor, potencia en la flecha, factor de carga, y carga demandada por el motor, para motores de inducción trifásicos.

Proceso de cálculo

Considerando una máquina herramienta conocida como cepillo.

Datos nominales	Lectura de campo
Hp = 7,5	V <sub>f</sub> = 215 (V)
V = 220/440 (V)	I = 9,5 (A)
I = 20/10 (A)	RPM = 1780
RPM = 1750 del motor	F.P. = 0,84

Para este motor de 4 polos y 60 Hz, la velocidad de sincronismo está dada por:

$$N_s = 120 \times \frac{\text{Frecuencia}}{\text{Número de polos}} = 120 \times \frac{60}{4} = 1800 \text{ rpm}$$

Factor de carga (L) se obtiene como sigue:

$$L = \frac{N_s - N_r}{N_s - N_n} = \frac{1800 - 1780}{1800 - 1750} = \frac{20}{50} = 0,4$$

La potencia real en la flecha se calcula con la ecuación siguiente:

$$C_{pr} = L \times C_{pn} = 0,4 \times 7,5(\text{Hp}) = 3 \text{ Hp}$$

La potencia demandada por el motor se obtiene mediante la siguiente expresión:

$$C_{pd} = \frac{\sqrt{3} \times V_f \times I \times F_p}{1000} = \frac{\sqrt{3} \times 215(V) \times 9.5(A) \times 0.84}{1000} = 2,971 \text{ (Kw)}$$

Donde:

C<sub>pd</sub> = Potencia demandada por el motor (kW)

V<sub>f</sub> = Voltaje entre fases (V)

I = Corriente (A)

F<sub>p</sub> = Factor de potencia

Finalmente, la eficiencia para el motor del cepillo esta dada por:

$$\text{Eficiencia} = \frac{C_{pr} \times 0.746}{C_{pd}} \times 100 = \frac{3(\text{Hp}) \times 0.746 \frac{\text{Kw}}{\text{Hp}}}{2.971(\text{Kw})} \times 100 = 75\%$$

Para el cálculo de cargas

El motor de 7,5 Hp

$$i = \frac{P}{\sqrt{3} \times U \times \cos \phi \times \eta} = \frac{7.5 \times 746}{\sqrt{3} \times 215 \times 0.84 \times 0.75} = 24 \text{ (A)}$$

A continuación se muestra la hoja de cálculo (Fig. 3.1) que se desarrolló para realizar el cálculo de cargas de una manera más rápida.

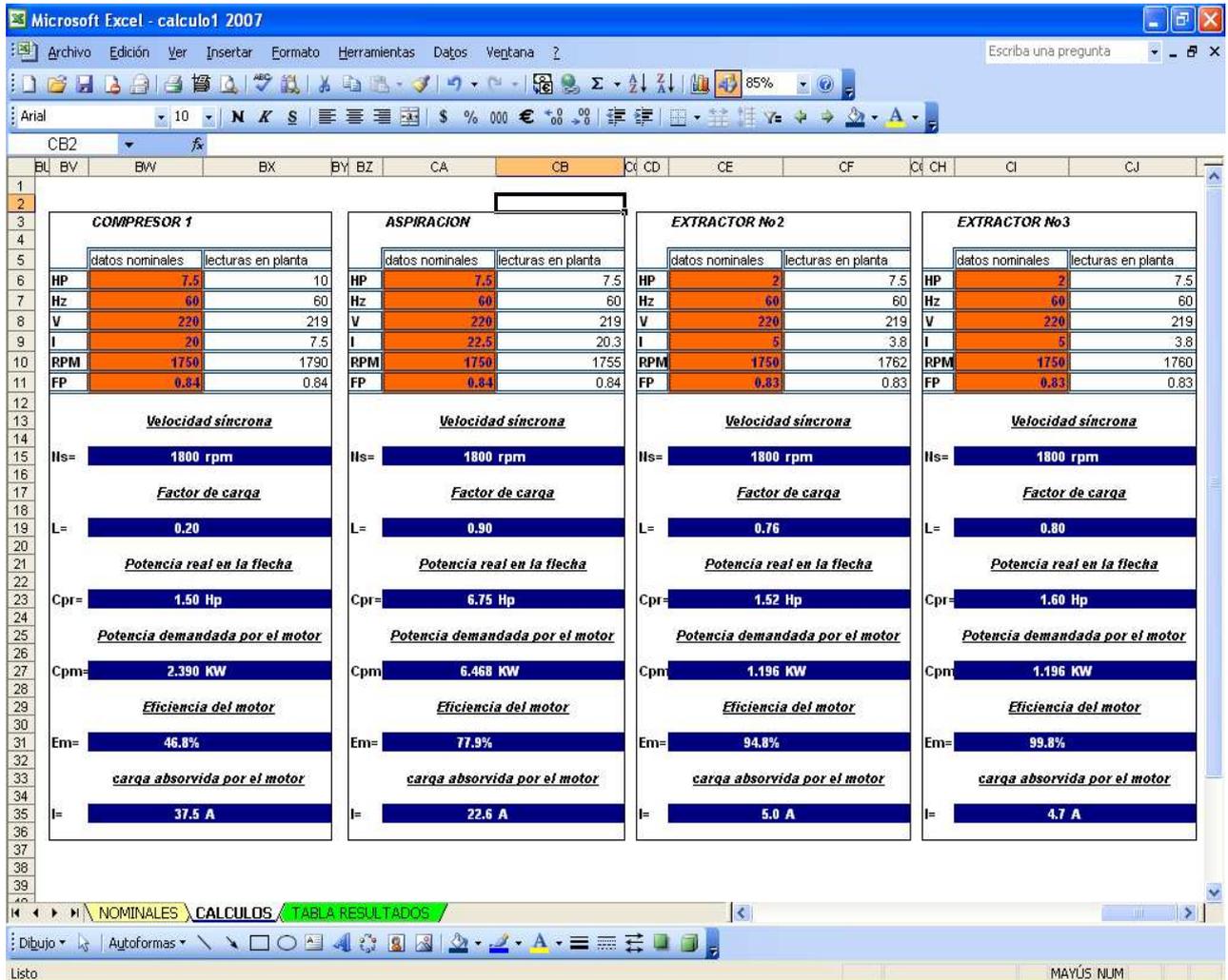


Figura 3.1. Hoja de Excel para los cálculos de carga demandada.

### 3.4. Cálculo de cargas en motores trifásicos de inducción.

En el presente estudio, se desarrolla el análisis para motores de inducción trifásicos, los circuitos de iluminación y motores monofásicos se analizarán más adelante. A continuación se muestran los datos obtenidos de carga y potencias demandadas.

A continuación se presentan los totales de potencia demandada y carga absorbida por el sistema para los motores trifásicos (Tabla 3.3).

Tabla 3.3 Totales de carga en planta, alimentación trifásica.

<b>CARGA TOTAL EN PLANTA</b>							
	<b>EQUIPOS</b>	<b>Ns (rpm)</b>	<b>L (Factor de carga)</b>	<b>Cpr (Hp)</b>	<b>Cpm (KW)</b>	<b>Em (%)</b>	<b>I (A)</b>
	Luminarias				7.5		21.869
	Equipo de computo				2.5		7.3
1	CEPILLO	1800	0.4	1.6	2.782	42.90%	24.45
2	TROQUEL No. 1	1800	0.83	2.5	2.752	67.76%	10.72
3	TROQUEL No. 2	1800	1.00	3.0	2.482	90.17%	7.98
4	TROQUEL NUEVO	1800	0.75	2.3	2.684	62.53%	11.67
5	FRESA No. 1	1800	0.50	3.0	2.776	80.61%	17.80
6	FRESA No. 2	1800	0.50	3.0	3.059	73.17%	19.52
7	TORNO No. 1	1800	0.63	3.1	2.734	85.27%	13.92
8	TORNO No. 2	1800	0.40	2.0	1.802	82.81%	14.75
9	TORNO No. 3	1800	0.58	2.9	3.062	71.05%	16.63
10	TORNO W&S	1800	0.83	4.2	3.186	97.55%	12.00
11	TORNO AUTOMATICO	1800	0.70	3.5	3.727	70.06%	16.36
12	MOTOR (D)	1800	0.50	2.5	1.912	97.55%	12.00
13	COMPRESOR (D)	1800	0.50	2.5	2.889	64.57%	18.00
14	MOTOR ©	1800	0.58	3.5	2.868	91.05%	15.43
15	RECTIFICADORA	1800	0.73	4.0	3.836	77.78%	16.55
16	SIERRA MECANICA	1800	0.38	0.8	1.769	31.62%	14.99
17	SOLDADURA DE ARGON	1800	0.75	2.3	4.309	38.96%	18.64
18	COMPRESOR No 1	1800	0.30	2.4	2.418	69.41%	25.00
19	ASPIRACION	1800	0.70	5.3	4.692	83.47%	21.43
20	EXTRACTOR No 1	1800	0.20	1.5	1.511	74.05%	24.00
21	EXTRACTOR No 2	1800	0.20	1.5	1.475	75.87%	23.75
				<b>TOTAL [KW]</b>	<b>67.251</b>	<b>TOTAL [A]</b>	<b>384.75</b>

Cálculo del conductor

$$S = \frac{\sqrt{3} \sum (i \cdot L \cdot \cos \varphi)}{X U_{\max}}$$

Para el cálculo del conductor se considerarán en la (Tabla 3.4) los valores de caída de tensión, tensión de servicio, constante para el cobre,  $U_{\max}$  (caída de tensión máxima) y en la (Tabla 3.5) se muestra el cálculo de la  $\sum (i \cdot L \cdot \cos \varphi)$ .

Tabla 3.4 Valores considerados para el cálculo del conductor.

$U_{\max}$	11	(V)
Caída de tensión no mayor a	5	%
Voltaje	220	(V)
Constante para el cobre	56	

Tabla 3.5. Cálculo de  $\sum (i \cdot L \cdot \cos\phi)$

	i	L	Cosφ	$\sum(i \cdot L \cdot \cos \phi) =$
Lámp 75W	21.86932838	50	0.9	984.119777
Lámp100W	8.747731351	40	0.9	314.9183286
Equipo de computo	7.289776126	15	0.9	98.4119777
CEPILLO	24.4	35	0.75	641.8124287
TROQUEL No. 1	10.72	30	0.82	263.6135707
TROQUEL No. 2	7.98	28	0.82	183.2207796
TROQUEL NUEVO	11.67	32	0.82	306.1332993
FRESA No. 1	17.80	32	0.83	472.7679475
FRESA No. 2	19.52	30	0.83	486.047946
TORNO No. 1	13.92	40	0.84	467.711948
TORNO No. 2	14.75	32	0.82	387.039957
TORNO No. 3	16.63	32	0.84	446.9759503
TORNO W&S	12.00	29	0.84	292.3199675
TORNO AUTOMATICO	16.36	34	0.87	483.844232
MOTOR (D)	12.00	17	0.84	171.359981
COMPRESOR (D)	18.00	17	0.85	260.0999711
MOTOR ©	15.43	14	0.84	181.4399798
RECTIFICADORA	16.55	25	0.84	347.6549614
SIERRA MECANICA	14.99	35	0.83	435.3626183
SOLDADURA DE ARGON	18.64	40	0.82	611.3919321
COMPRESOR No 1	25.00	32	0.85	679.9999245
ASPIRACION	21.43	60	0.84	1079.99988
EXTRACTOR No 1	24.00	22	0.83	438.2399513
EXTRACTOR No 2	23.75	30	0.83	591.3749343
<b>TOTAL [A]</b>				<b>10625.86224</b>

Por lo tanto sustituyendo valores en la formula tenemos que el calibre del conductor es:

$$S = \frac{\sqrt{3} \sum (i \cdot L \cdot \cos\phi)}{XU_{\text{máx}}} = 29.87748909 \text{ [mm}^2\text{]}$$

Desde el punto de vista de calentamiento se debe reforzar hasta 35 [mm<sup>2</sup>].

Como en ninguna instalación eléctrica se utiliza la carga total instalada en forma simultánea, es aplicable un factor de utilización (F.U.) o factor de demanda (F.D.) , que varía de 0.6 a 0.9 (del 60 al 90%), para este caso, se aplicará un F.U.= 0.70, en consecuencia, al multiplicar la corriente demandada se obtiene el valor de 7438.104 [A] y sustituyendo en la fórmula da un valor de S=20 [mm<sup>2</sup>], considerando el calentamiento se toma el valor siguiente en tablas que es de S=21.148 [mm<sup>2</sup>], finalmente se tiene un calibre de 4 A.W.G. (American Wire Gage).

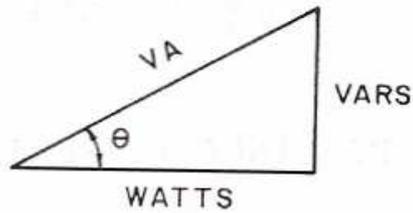
En este trabajo no se consideran las bombas de agua, las cuales se encuentran en el sótano, ya que trabajan en intervalos de tiempo cortos y sería difícil determinar el consumo real de energía.

### 3.5. Factor de potencia en planta.

A partir de los resultados obtenido y de la Tabla 3.3. El factor de potencia calculado en planta es el siguiente:

$$\text{Cos } \varphi = \frac{\text{Watts}}{\text{VA}}$$

$$\text{Cos } \varphi = \frac{P}{S}$$



Sustituyendo:

Donde:

$$S = 220 \times 384.75 = 84645 \text{ (VA)}$$

$\Phi$  = Factor de potencia

$$P = 67251 \text{ (W)}$$

P = Potencia activa (W)

S = Potencia aparente (VA)

Entonces:

$$\text{Cos } \varphi = \frac{P}{S} = \frac{67,251}{84,645} = 0.7945$$

Factor de potencia en planta = **0.79**

Este factor de potencia es con el que trabaja la planta actualmente, se debe tomar en cuenta que el factor de potencia exigido por la compañía suministradora de la energía eléctrica es de 0.9; por lo que se debe corregir mediante un banco de capacitores.

Tabla 3.6. Corrección de FP.

FACTOR DE POTENCIA EXISTENTE	FACTOR DE POTENCIA CORREGIDO					
	100%	95%	90%	85%	80%	75%
50	1,732	1,403	1,247	1,112	0,982	0,850
52	1,643	1,314	1,158	1,023	0,893	0,761
54	1,558	1,229	1,073	0,938	0,808	0,676
55	1,518	1,189	1,033	0,898	0,768	0,636
56	1,479	1,150	0,994	0,859	0,729	0,597
58	1,404	1,075	0,919	0,784	0,654	0,522
60	1,333	1,004	0,848	0,743	0,583	0,451
62	1,265	0,936	0,780	0,645	0,515	0,383
64	1,201	0,872	0,716	0,581	0,451	0,319

65	1,168	0,839	0,683	0,548	0,418	0,286
66	1,139	0,810	0,654	0,519	0,389	0,257
68	1,078	0,749	0,593	0,458	0,270	0,196
70	1,020	0,691	0,535	0,400	0,214	0,138
72	0,964	0,635	0,479	0,344	0,159	0,082
74	0,909	0,580	0,424	0,289	0,132	0,027
75	0,882	0,553	0,397	0,262	0,105	
76	0,855	0,526	0,370	0,235	0,052	
78	0,802	0,473	0,317	0,182		
80	0,750	0,421	0,265	0,130		
82	0,698	0,369	0,213	0,078		
84	0,646	0,317	0,161			
85	0,620	0,291	0,135			
86	0,594	0,265	0,109			
88	0,540	0,211	0,055			
90	0,485	0,166				
92	0,426	0,097				
94	0,303	0,034				
95	0,329					

Se tiene un factor de potencia existente de 0.79; factor de potencia deseado 0.90; la potencia consumida es 67.251 Kw, para determinar la potencia reactiva total (KVAr), y corregir el factor de potencia a 0.90; de la tabla se toma el factor de multiplicación 0.317 correspondiente al factor de potencia de 78% y el deseado de 0.90%; por lo tanto se deberán seleccionar capacitores cuya potencia sea de  $0.317 \times 67.251 = 21.32$  KVAr.

### 3.6. Propuesta de solución

Dado el anterior análisis se presentan las siguientes propuestas de solución a desarrollar.

#### Propuesta No. 1

Utilizar la infraestructura y materiales existentes en planta y sólo recablear los equipos que se encuentren saturando centros de carga.

Alcances: esta propuesta resulta económica en costos y tiempo de ejecución, pero es limitada ya que sólo resuelve el problema de manera temporal y no contempla la expansión de la empresa. Una desventaja que presentaría esta propuesta es: el recablear equipos para balancear las cargas implicaría caídas de tensión.

Por todo lo anterior esta propuesta es viable como solución temporal.

## Propuesta No.2

Diseñar una instalación segura para los equipos y personal, adecuada a los requerimientos de la infraestructura existente y los procesos; que contemple la expansión de la empresa tanto en planta como en oficinas y siga siendo útil y eficiente.

Alcances: esta propuesta resulta la más costosa en inversión y tiempo de ejecución, pero a su vez la más confiable y segura, implica el diseño de circuitos derivados para cada nivel, centros de carga y la colocación de charola para trasladar los cables ya que esta permite el fácil mantenimiento y crecimiento de la instalación. También contempla la reubicación de los equipos en planta baja, que mantenga centros de carga balanceados y adecuados para las demandas de cada proceso.

En el presente trabajo se desarrollará la propuesta No.2, por ser la más completa y segura, además que proporciona una mejor distribución de los equipos, mayor ahorro, y excelentes condiciones para crecer.

### 3.7. Desarrollo de la propuesta.

La propuesta de distribución de equipos se muestra en las figuras siguientes, se hace mención de las áreas de mayor demanda, la colocación de los equipos, los centros de carga y circuitos derivados que se diseñaron para el desarrollo del proyecto.

### 3.7.1 Propuesta de distribución de equipos en planta

La figura 3.2 muestra la reubicación de los equipos de planta baja.

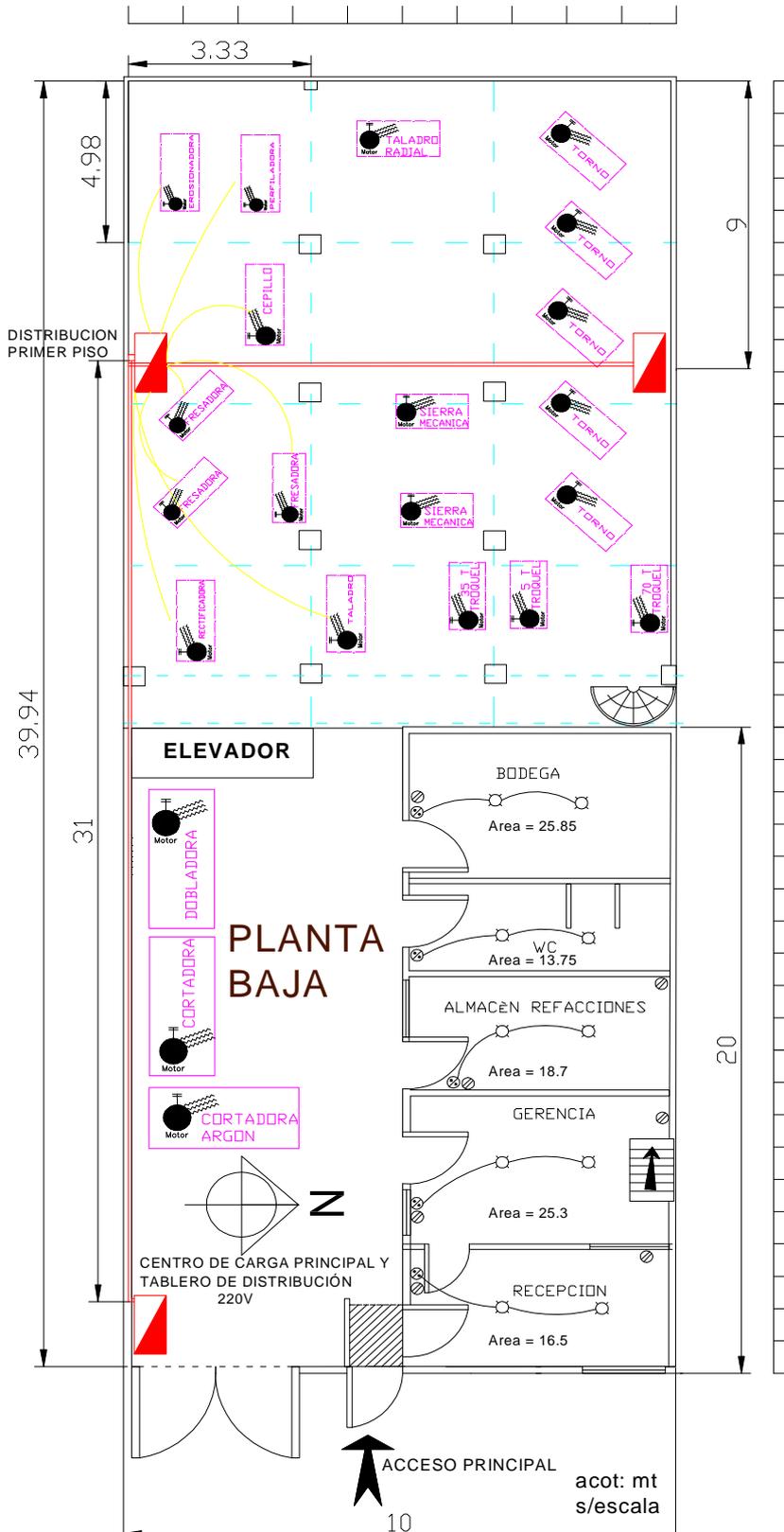


Figura.3.2. Propuesta layout de planta baja.

- Esta distribución en planta permite el fácil flujo del proceso de manufactura y maquinados.
- Se identifican las áreas de mayor demanda y esto permite colocar centros de carga adecuados.
- Reduce las caídas de tensión por longitud del conductor.

La figura 3.3 muestra la localización de los tableros de alimentación en el primer piso.

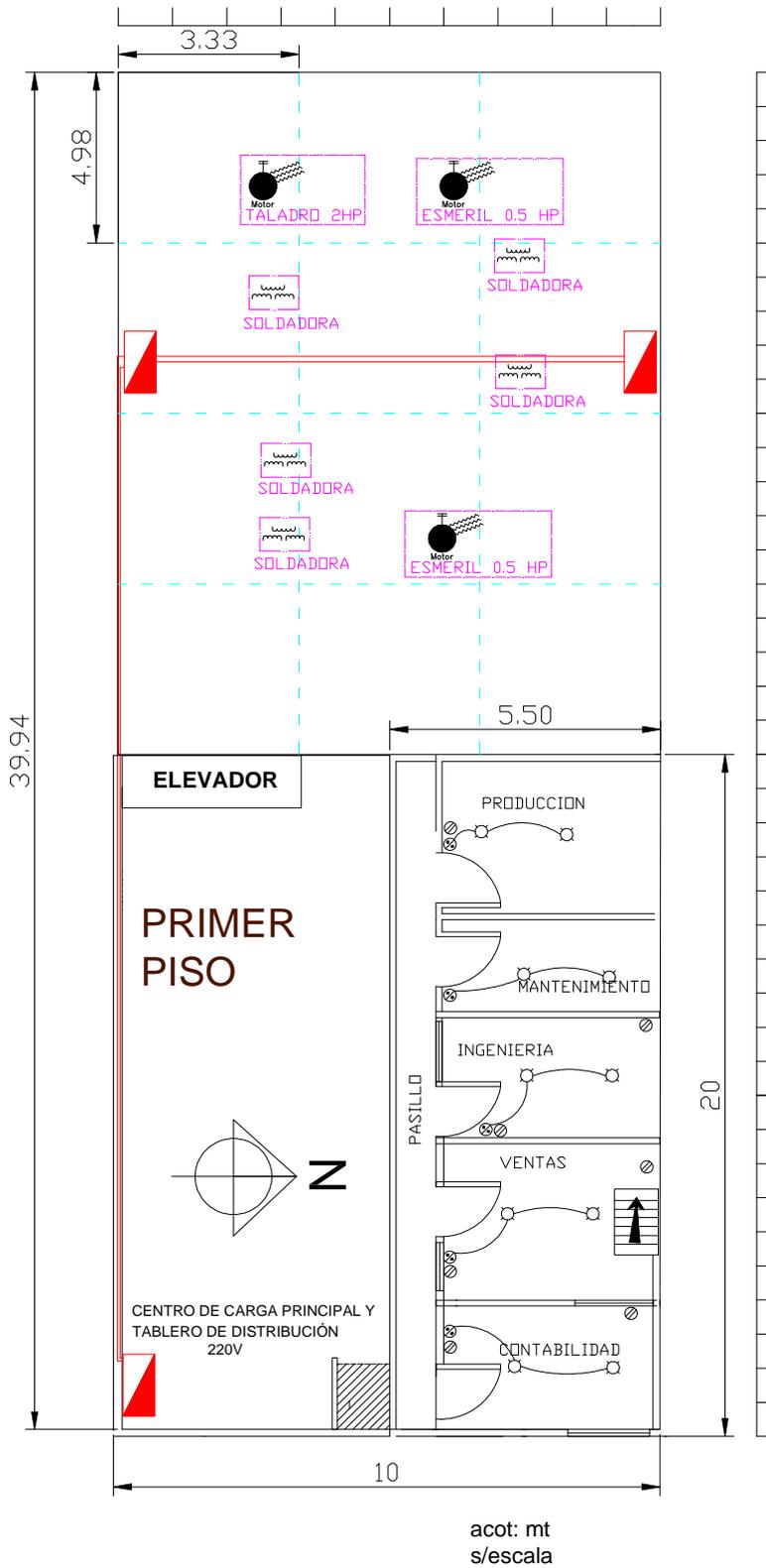
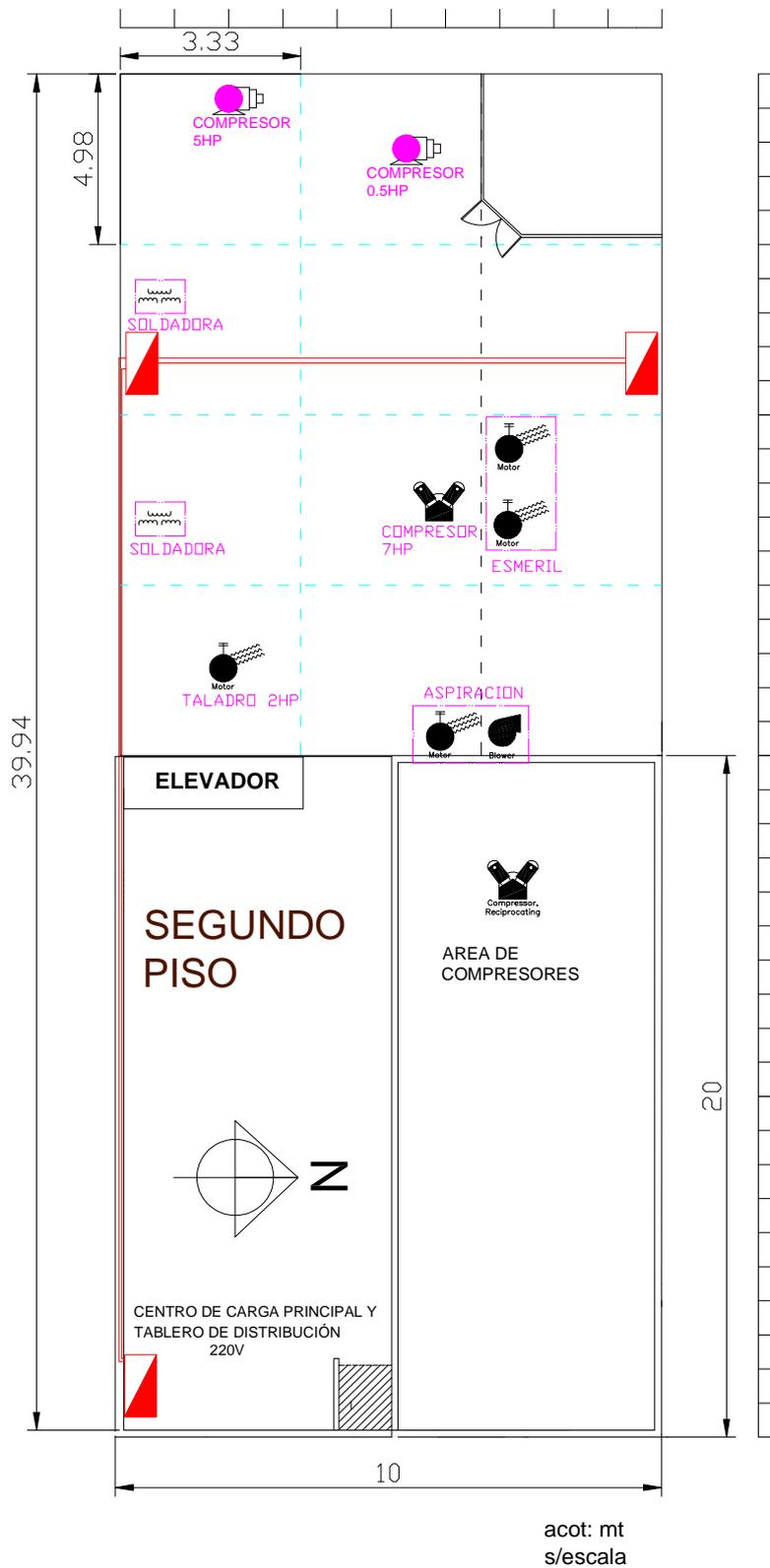


Figura 3.3. Propuesta de alimentación primer piso.

- En el primer piso se encuentran las soldadoras.
- Esta área está destinada para el

La siguiente figura 3.4 muestra la distribución de equipos y la localización de los tableros de alimentación en el segundo piso.



En el segundo piso se encuentra el área de compresores, y el área destinada para acabado por sand blast. Así como los extractores de la planta

Figura 3.4. Propuesta de alimentación segundo piso.

### 3.7.2. Propuesta de iluminación en planta

La siguiente figura 3.5 es la propuesta de iluminación para la planta en cada piso, esto mantendrá balanceado el sistema.

Propuesta de iluminación en plata y oficinas.

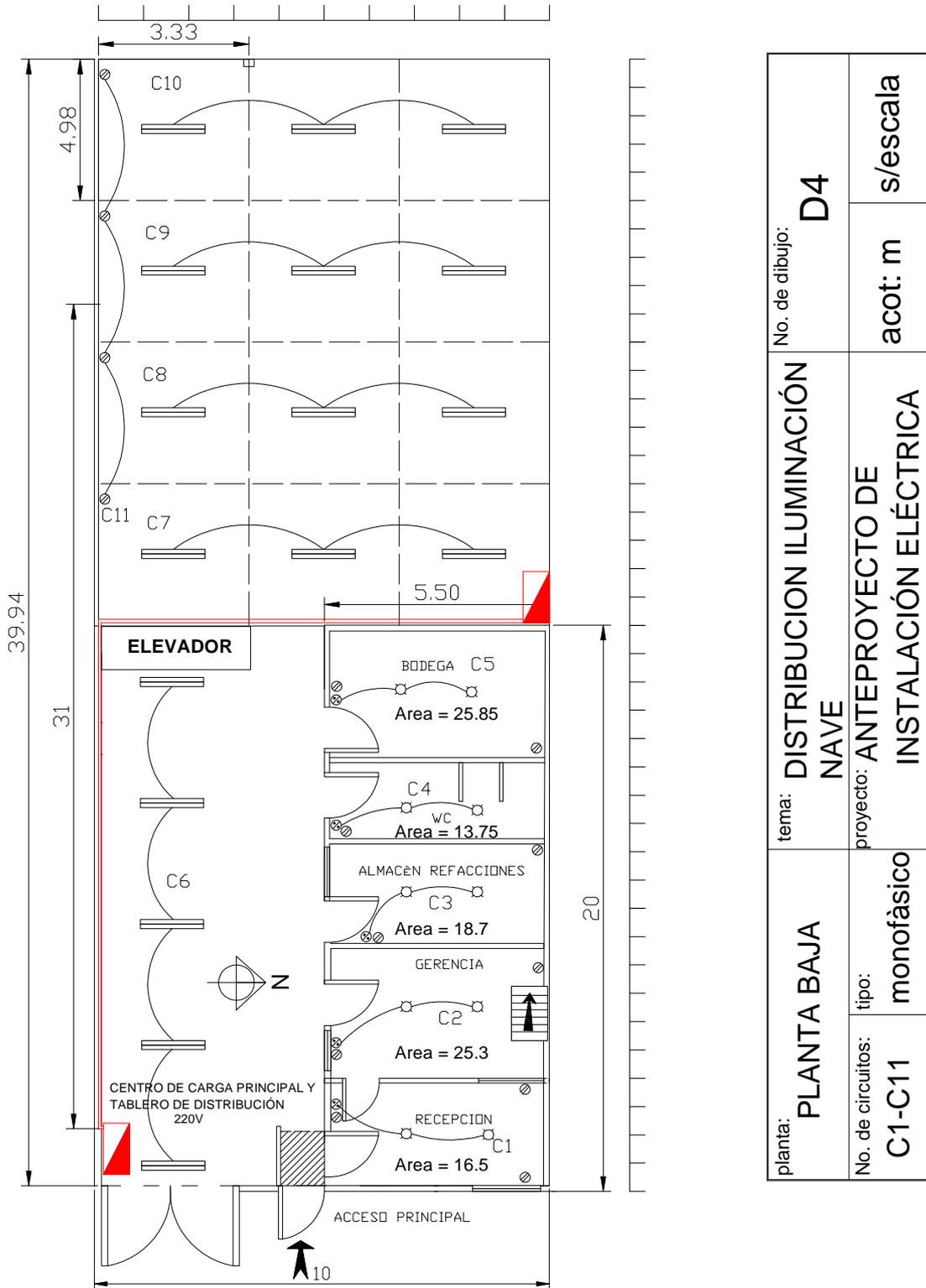
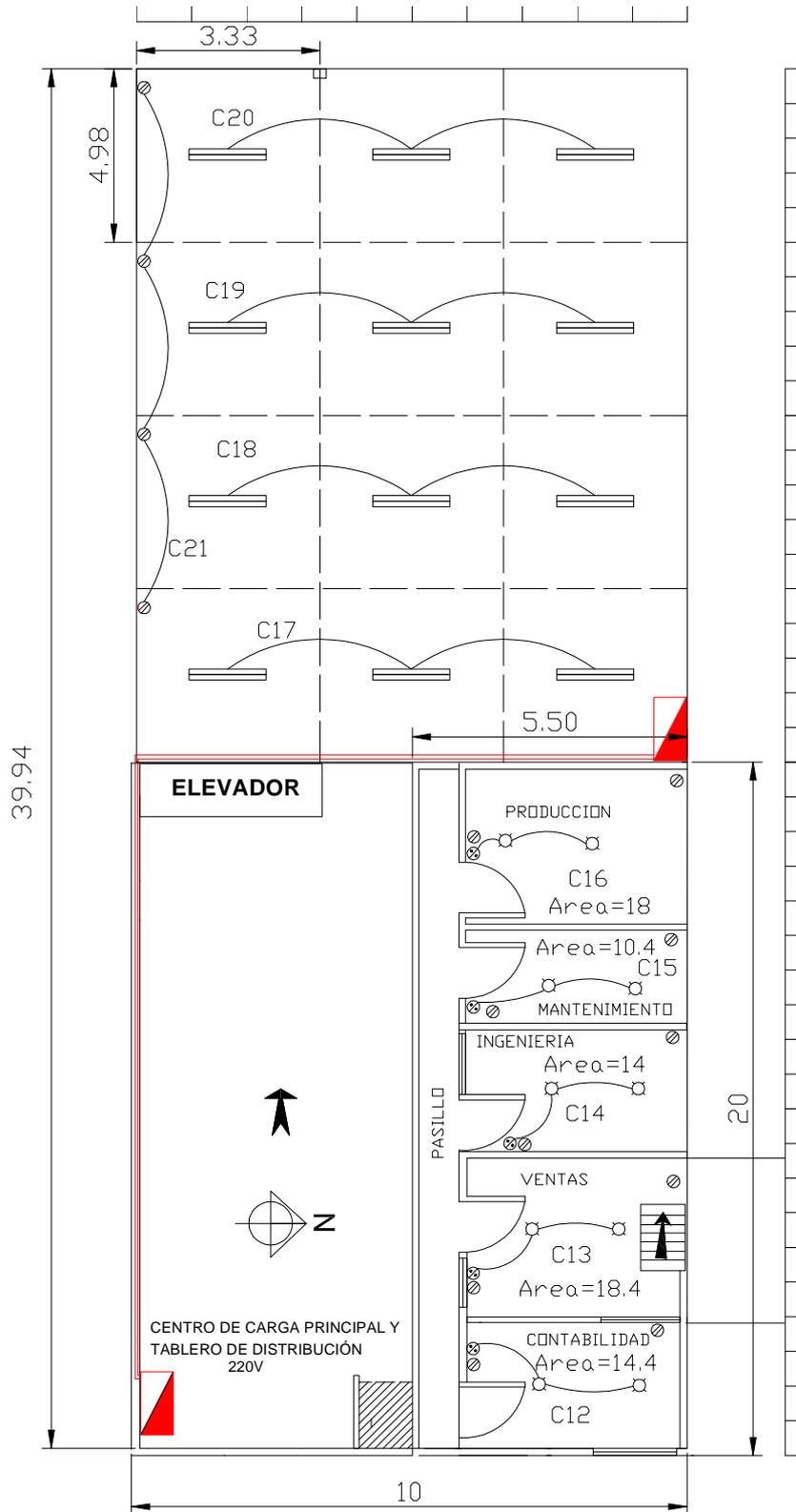
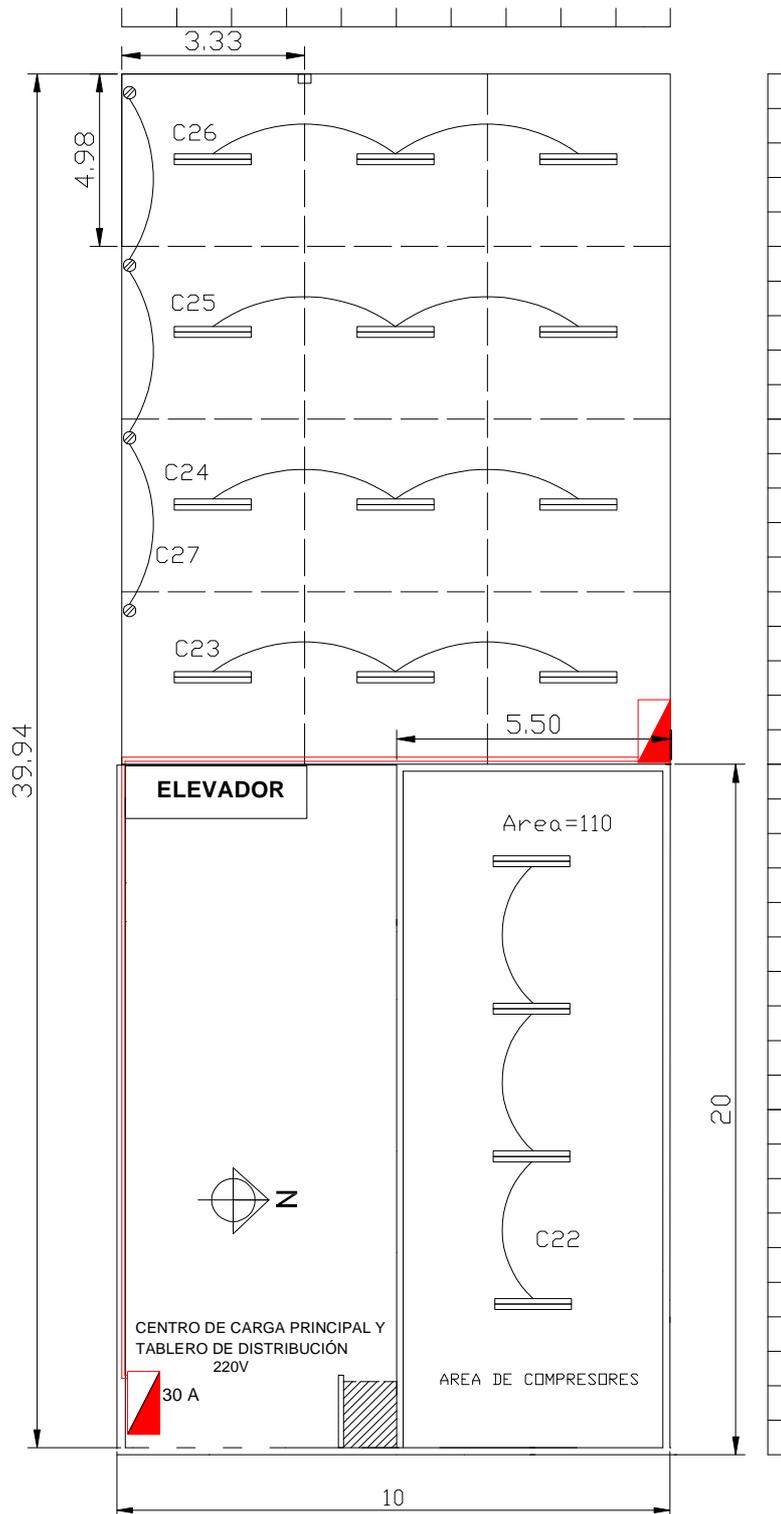


Figura 3.5. Propuesta de iluminación planta baja.



planta: <b>PRIMER PISO</b>	tema: <b>DISTRIBUCION ILUMINACIÓN NAVE</b>	No. de dibujo: <b>D5</b>
	proyecto: <b>ANTEPROYECTO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA</b>	acot: m s/escala
No. de circuitos: <b>C12-C21</b>	tipo: <b>monofásico</b>	

Figura 3.6. Propuesta de iluminación primer piso.



planta:	<b>SEGUNDO PISO</b>	tema:	<b>DISTRIBUCION ILUMINACION NAVE</b>	No. de dibujo:	<b>D6</b>
	No. de circuitos:	<b>C22-C27</b>	proyecto:	<b>ANTEPROYECTO DE INSTALACION ELÉCTRICA</b>	acot: m
	tipo:	<b>monofásico</b>			

Figura 3.7. Propuesta de iluminación segundo piso.

### 3.7.3. Diagrama de cargas.

A continuación se presentan los diagramas unifilares monofásicos y trifásicos de la planta, así como los cuadros de cargas correspondientes a cada nivel.

#### Planta baja

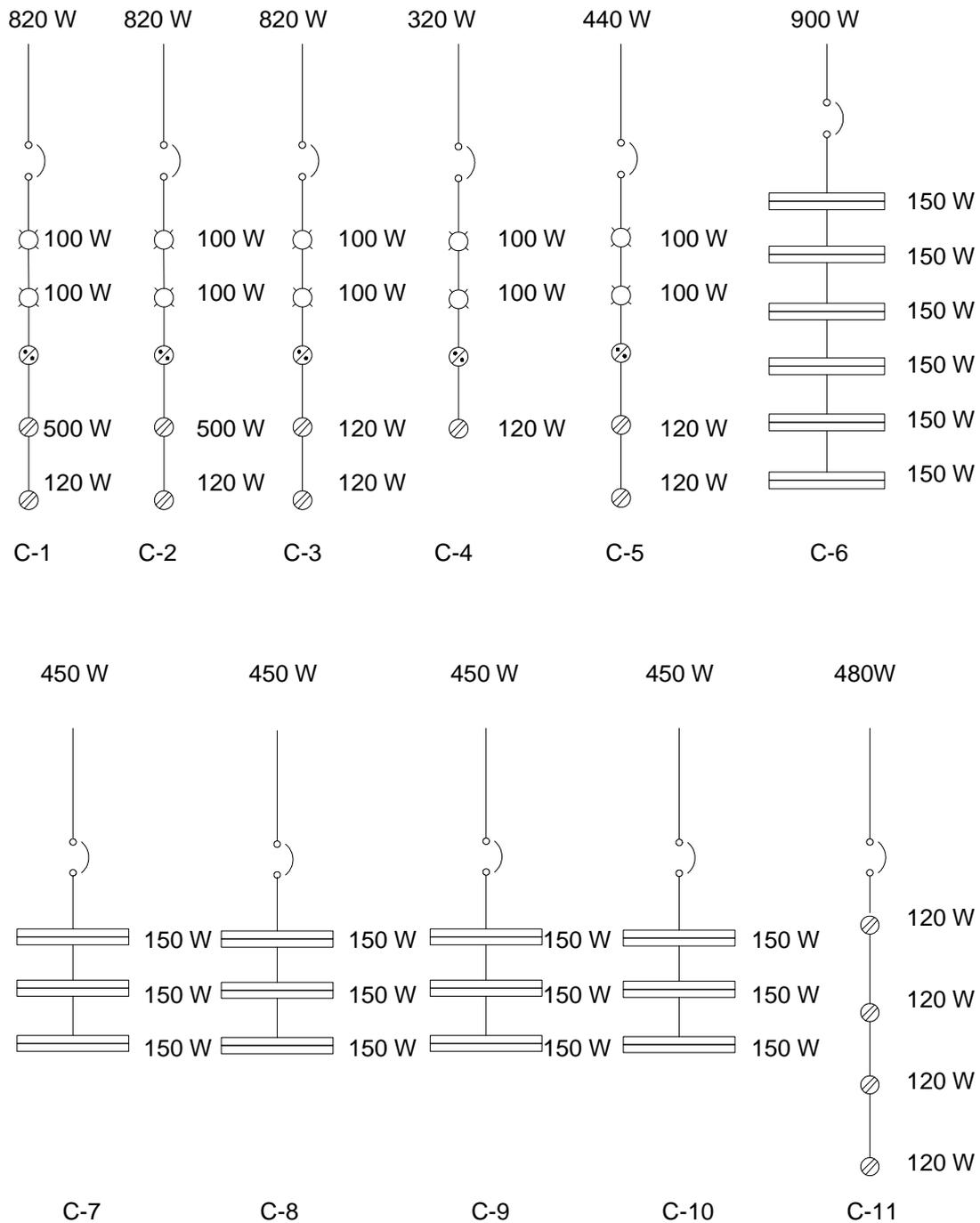
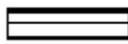


Figura.3.8. Diagrama unifilar de circuitos monofásicos en planta baja.

Tabla.3.7. Cuadro de cargas monofásicas en planta baja, en Watts.

CIRCUITO					TOTAL
C-1	200			620	820
C-2	200			620	820
C-3	200			240	440
C-4	200			120	320
C-5	200			240	440
C-6		900			900
C-7		450			450
C-8		450			450
C-9		450			450
C-10		450			450
C-11				480	480

Primer piso

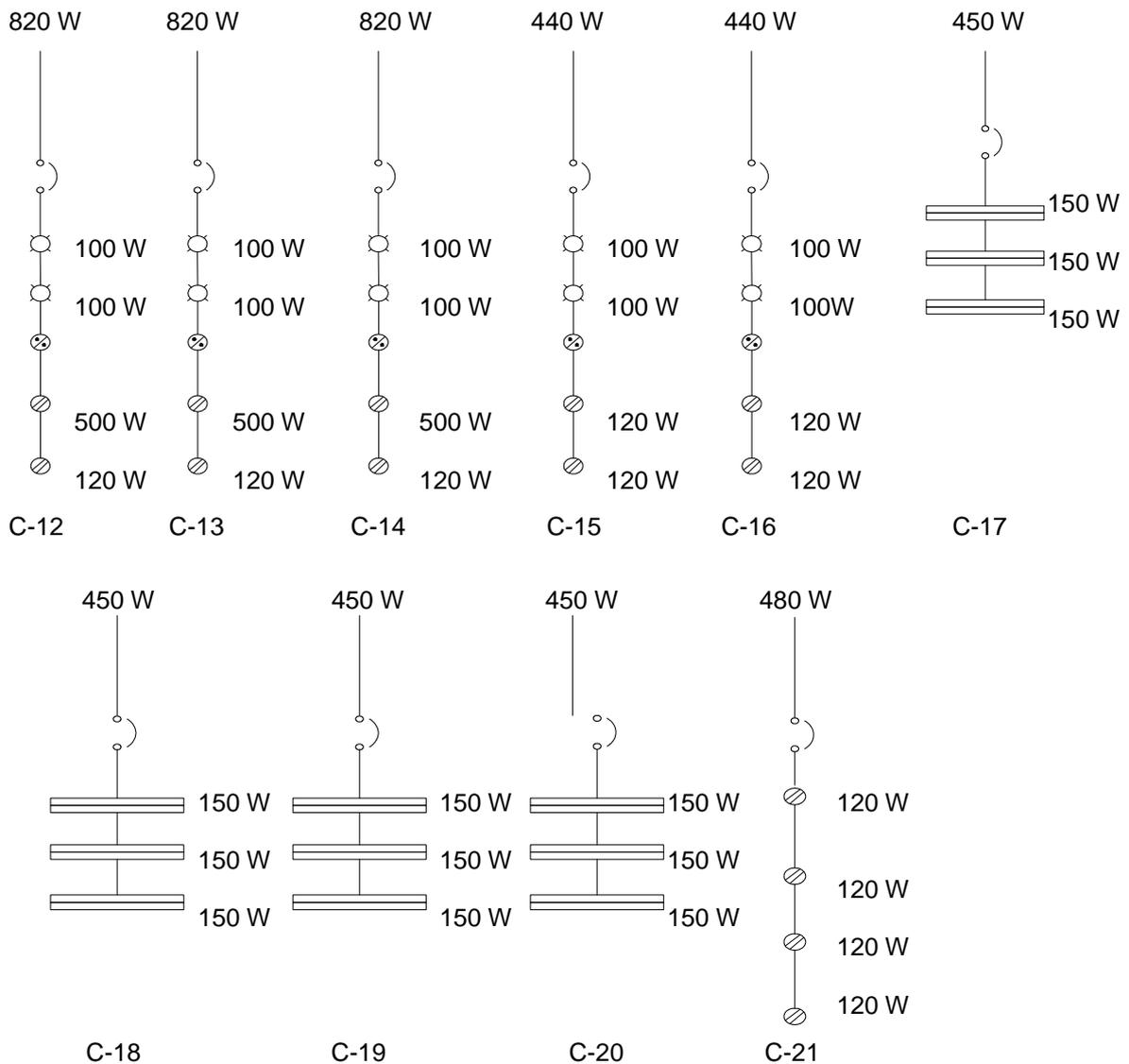
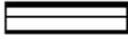


Figura.3.9. Diagrama unifilar de circuitos monofásicos en el primer piso.

Tabla.3.8. Cuadro de cargas monofásicas en el primer piso, en Watts.

CIRCUITO					TOTAL
C-12	200			620	820
C-13	200			620	820
C-14	200			620	620
C-15	200			240	440
C-16	200			240	440
C-17		450			450
C-18		450			450
C-19		450			450
C-20		450			450
C-21				480	480

Segundo piso

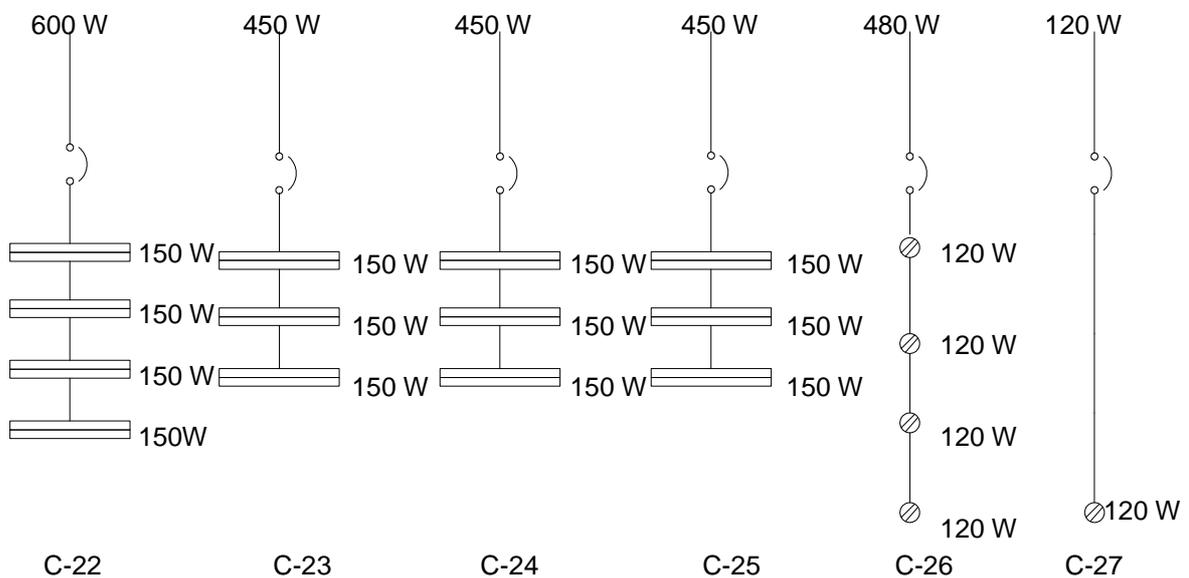
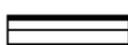


Figura.3.10. Diagrama unifilar de circuitos monofásicos en el segundo piso.

Tabla.3.9. Cuadro de cargas monofásicas en el segundo piso, en Watts.

CIRCUITO					TOTAL
C-22		600			600
C-23		450			450
C-24		450			450
C-25		450			450
C-26				480	480
C-27				120	120

### 3.7.4. Diagrama de tableros en planta

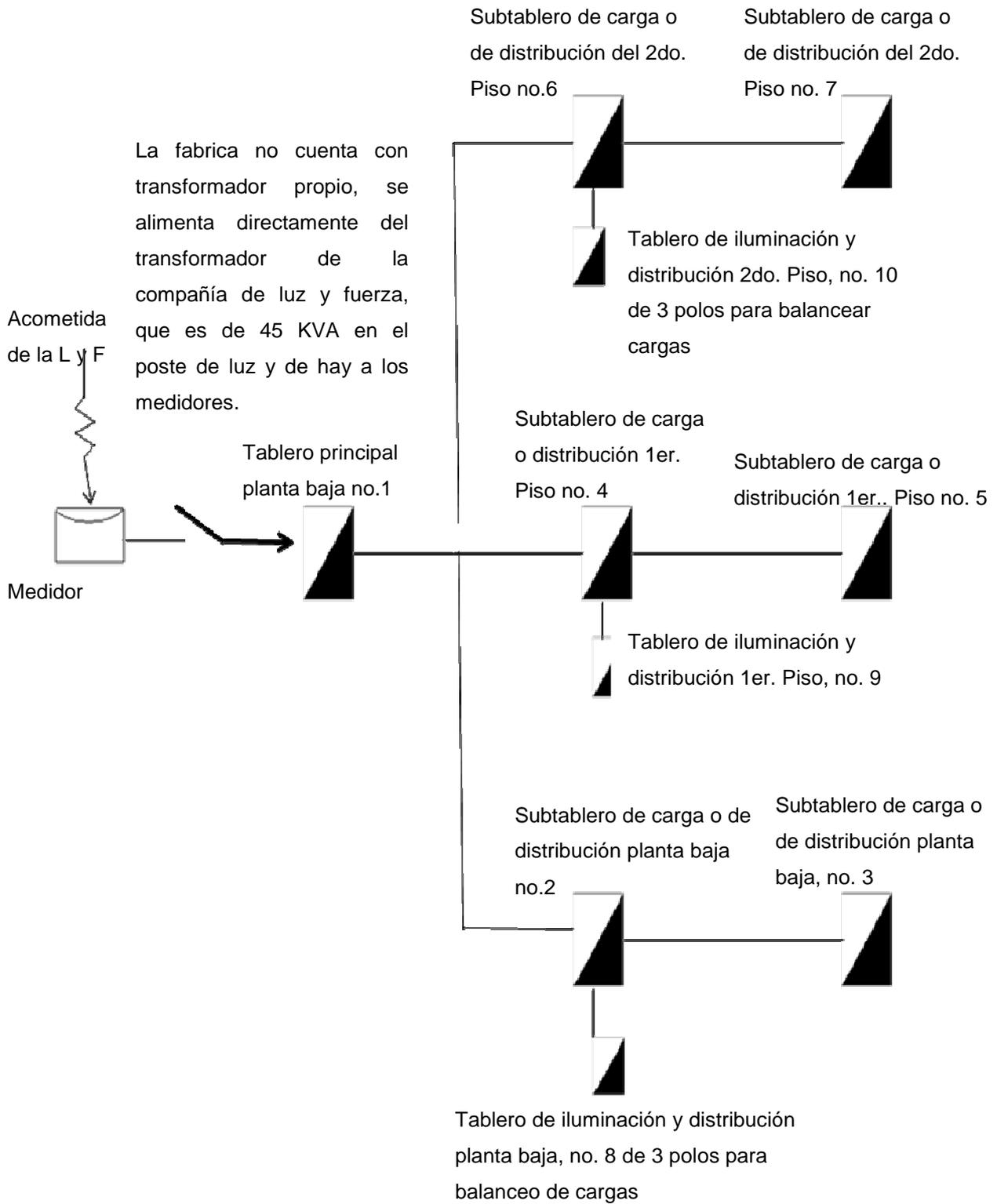


Figura.3.11 Distribución general de tableros en planta.

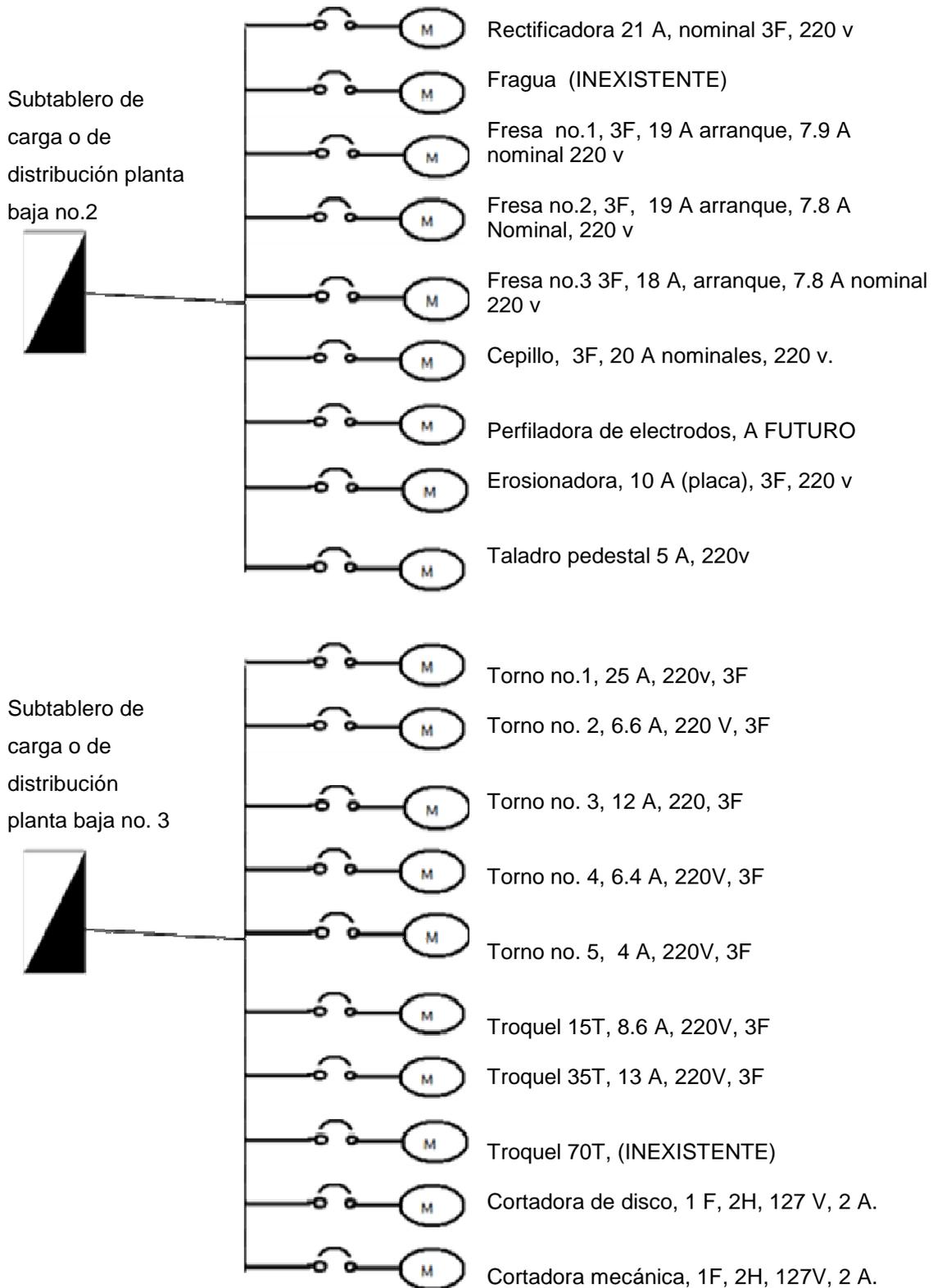
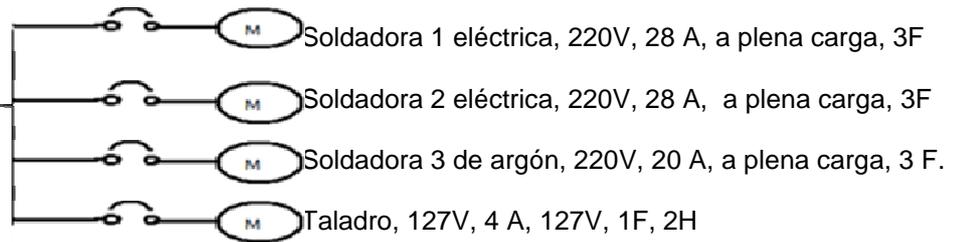


Figura.3.12. Arreglo de alimentación en planta baja.

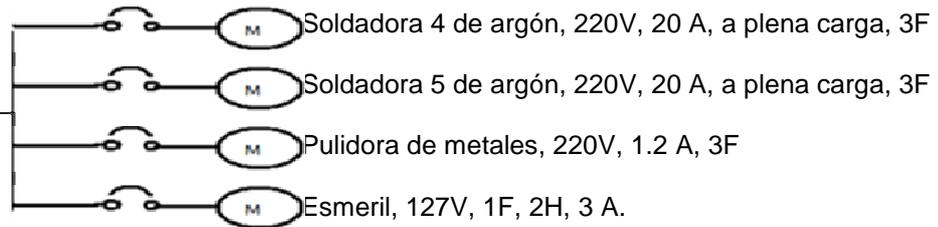
Subtablero de carga o distribución

1er. Piso no. 4



Subtablero de carga o distribución

1er. Piso no. 5



Subtablero de carga o de distribución del 2do. Piso no.6



Subtablero de carga o de distribución del 2do. Piso no. 7

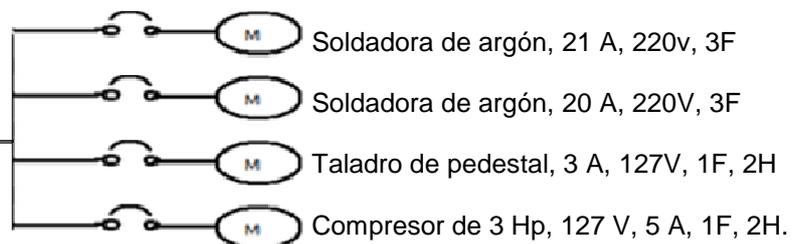


Figura.3.13. Arreglo de alimentación en Primer y segundo piso.

### 3.8. Balance de cargas.

De acuerdo a los cuadros de cargas obtenidos de los circuitos monofásicos, se hace el balance adecuado que mantenga el sistema en equilibrio.

$$\frac{\text{Carga Mayor} - \text{Carga Menor}}{\text{Carga Mayor}} \times 100$$

Para obtener el desbalanceo máximo entre fases, utilizamos esta operación.

Tabla 3.10. Balance de cargas en planta.

Planta baja

	total W	FASE A	FASE B	FASE C
C-1	820	820		
C-2	820		820	
C-3	440			440
C-4	320	120	100	100
C-5	440			440
C-6	450	450		
C-7	450		450	
C-8	450			450
C-9	450	450		
C-10	450			450
C-11	480		480	
	5570	1840	1850	1880

$$\frac{1880 - 1840}{1880} \times 100 = 2.12 \%$$

Menor al 5%

Primer piso

		FASE A	FASE B	FASE C
C-12	820	500	200	120
C-13	820		820	
C-14	820	120		700
C-15	440	440		
C-16	440		440	
C-17	450			450
C-18	450	450		
C-19	450		450	
C-20	450			450
C-21	480	360		120
	5620	1870	1910	1840

$$\frac{1910 - 1840}{1910} \times 100 = 3.66 \%$$

Segundo piso

		FASE A	FASE B	FASE C
C-22	600	300	300	
C-23	450			450
C-24	450	300		150
C-25	450		450	
C-26	480	240		240
C-27	120		120	
	2550	840	870	840

$$\frac{870-840}{870} \times 100 = 3.44 \%$$

### 3.9. Costos de material

Tabla 3.11. Cotización de material propuesto para la realización del proyecto.

Cotización de materiales.				
Artículo	cotización de material eléctrico	Precio unitario	Pzas.	Importe
D325N	Interruptor de seguridad de 3 polos 400 A, 240 V, NEMA 1 IND.	\$16,074.03	1	\$16,074.03
	Centro de carga de 3 fases 12 polos, 400 A y 240 V.	\$12,000.00	1	12,000.00
QO330L200G	Caja/interior 3F 4H 240 VCA ZAP/200A 30 POLOS SQD	\$2,572.89	2	5,145.78
QOC30US	Frente sobreponer para QO330L200G y QO327M100 SQD	\$360.52	2	721.04
QO312L125G	Caja/interior 3F 4H 240 VCA ZAP/125A 12 POLOS SQD	\$1,134.05	2	2,268.10
QOC16US	Frente sobreponer para QO312L125G y QO112L125G SQD	\$219.13	2	438.26
QO3	Centro de carga de 3 polos	\$310.00	4	1,240.00
QO3100	Interruptor termomagnético enchufable 3P 100A 240 VCA SQD	\$949.02	3 pzas.	2,847.06
QO310	Interruptor termomagnético enchufable 3P 10A 240 VCA SQD	\$600.62	7 pzas.	4,204.34
QO320	Interruptor termomagnético enchufable 3P 20A 240 VCA SQD	\$600.62	5 pzas.	3,003.10

QO330	Interruptor termomagnético enchufable 3P 30A 240 VCA SQD	\$600.62	15 pzas.	9,009.30
QO340	Interruptor termomagnético enchufable 3P 40A 240 VCA SQD	\$600.62	5 pzas.	3,003.10
LD65	Tramo recto 1524mm/largo tamaño 6"x6" SQD ducto cuadrado	\$454.28	110 pzas.	49,970.80
LD66AM	Adaptador tamaño 6"x6" (152.4x152.4mm) SQD	\$156.78	7 pzas.	1,097.46
LD690LM	Codo 90 grados, tamaño 6"x6" (152.4x152.4mm)SQD	\$461.09	7 pzas.	3,227.63
LD6TM	TEE tamaño 6"x6" (152.4x152.4mm)SQD	\$601.32	3 pzas.	1,803.96
LD45	Tramo recto 1524mm/largo tamaño 4"x4" SQD ducto cuadrado embisagrado	\$335.96	30 pzas.	10,078.80
LD44AM	Adaptador tamaño 4"x4" (101.6x101.6mm) SQD	\$113.90	6 pzas.	683.40
LD490LM	Codo 90 grados, tamaño 4"x4" (101.6x101.6mm)SQD	\$374.91	6 pzas.	2,249.46
TW	Cable calibre 12 AWG	\$555.00	1164 m	6,660.00
TW	Cable calibre 10 AWG	\$751.00	10 rollos de 100m	7,510.00
TW	cable calibre 6 AWG	\$2,296.00	4 rollos de 100m	9,184.00
	Tubo 25mm P/G galv. c/cop OMEGA	\$150.83	100 m	5,027.67
	tubo 32 mm P/G galv c/cop OMEGA	\$206.62	20 m	1,446.34
	tubo 13 mm P/D galv s/cop OMEGA	\$43.40	55 m	868
	cople T para ducto redondo de 25mm	\$53.40	14 pzas.	747.6
	reducto de 25mm a 13mm	\$28.45	14 pzas.	398.3
	cople T para ducto redondo de 32mm	\$61.45	8 pzas.	491.6
	reducto de 32mm a 13mm	\$38.40	8 pzas.	307.2
			TOTAL =	\$161,706.33

Una vez obtenido un total en la cotización se aumenta un 5% del valor total para concepto de compensación.

### 3.10 Costo de ingeniería

Tabla 3.12 Costo del anteproyecto (diseño).

Personal	Sueldo total \$ (1 mes)
Ingeniero	20000
Diseñador	14400
Dibujante	11200
Ayudante técnico	6400
Total en \$	52000

Tabla 3.13 Indirectos.

Materiales	Costo unitario \$	Concepto	Precio total \$
Internet	10	180 h.	1800
Material de investigación	600	1 pza	600
Levantamiento de campo	50	6 h.	300
Copias	0.5	2000 pzas	1000
Impresiones	2	960 pzas	1920
		Total \$	\$ 5,620.00

## CONCLUSIONES

Este proyecto de tesis cumplió con el objetivo al presentar una propuesta de mejora en la instalación eléctrica de la empresa (AC-ME) que da como resultado mejoras en el rendimiento de las instalaciones y un uso más racional de la energía eléctrica mediante ahorros concretos en la energía utilizada, además de presentar propuestas para el ahorro de energía y mejor aprovechamiento de las instalaciones de la planta.

Para el caso particular de la empresa por el tamaño del inmueble, se encontró un consumo de energía eléctrica de 67.251 (Kw) y 384.75 (A), se determinó realizar el cambio de la instalación eléctrica ya que con el actual sistema no se puede mantener los requerimientos de energía para que los equipos trabajen de forma adecuada, pues no se cuenta con un adecuado balance de cargas y esto lleva a que las líneas se saturen y se empiecen a sobrecargar las fusibles de los centros de carga, por esto se llevó a cabo el diseño del análisis de cargas para realizar el cambio de su sistema eléctrico, el cual va desde el cambio de los centros de cargas, la creación de circuitos derivados, el cálculo del calibre de los conductores ( la línea general y de los equipos de trabajo), sistemas de protecciones y la realización de un balance de cargas. Todo esto con un costo de \$ 161,706.33 en cuestión de material, en lo correspondiente al diseño del anteproyecto un costo de \$ 57,620 que se verá reflejado en el adecuado suministro de carga para los requerimientos de los equipos y un considerable ahorro de energía.

Es importante señalar que en el inmueble no se cuenta con un servicio de mantenimiento para todos los sistemas e instalaciones por lo que en general dichas instalaciones están en malas condiciones, sólo se aplica el mantenimiento correctivo y no el preventivo y esto se ve reflejado de forma negativa en los gastos anuales por concepto de reparaciones o compra de equipos. Si esto persiste aunque se apliquen las mejoras propuestas en el estudio, a largo o corto plazo la eficiencia y rendimiento de la nueva tecnología puede bajar considerablemente y esto se verá reflejado en costos económicos por lo que se debe implementar con urgencia esta medida.

Hay que destacar la importancia de los programas de uso eficiente y racional de energía como una manera de administrar óptimamente este recurso de vital trascendencia, dados los coeficientes de intensidad energética existentes en los últimos años. Esto puede rendir mejores resultados si aplicamos a su vez los conceptos de la norma NOM-001-SEDE-2005 (Instalaciones eléctricas-utilización). Además de resaltar la conveniencia de repetir este tipo de estudios periódicamente, con el objeto de observar la evolución de los proyectos balances de cargas, ya que la eficiencia energética es actualmente, un componente inseparable de la productividad económica, del avance tecnológico y de la competitividad de mercados. El ahorro y el uso eficiente de la energía constituyen en sí mismos una fuente alternativa de energía.

Considero que gracias al desarrollo de este estudio en lo personal he cumplido con un objetivo, el obtener un mejor conocimiento del trabajo de campo que se aplica en el caso de un

proyecto típico de balance de cargas en el sector de la industria. Sin olvidar que se me dio la oportunidad de aplicar y desarrollar los conocimientos adquiridos en la Facultad de Ingeniería.

## Anexo A (glosario)

### DEFINICIONES GENERALES

**Accesible:** (aplicado a los métodos de alambrado) Colocado de forma que pueda ser quitado o expuesto sin causar daño a la estructura o al acabado del edificio, o que no está permanentemente encerrado dentro de la estructura o del acabado del edificio (véase Oculto y Expuesto.)

**Accesible:** (aplicado a los equipos) equipo al que es posible aproximarse; no está resguardado por puertas con cerradura, ni por elevación, ni por otros medios.

**Accesible, fácilmente:** Elemento al que es posible aproximarse rápidamente para su operación, reposición o inspección, sin necesidad de escalar o quitar obstáculos, ni recurrir a escaleras portátiles, sillas, etcétera (véase Accesible) (aplicado a los equipos).

**Acometida:** Conductores de acometida que conecta la red del suministrador al alambrado del inmueble a servir.

**Acometida aérea:** Conductores de entrada de acometida, sistema aéreo, que van desde el último poste u otro soporte aéreo hasta un conector, incluyendo los empalmes, si existen, a los conductores de entrada de acometida en un edificio u otra estructura.

**Acometida subterránea:** Conductores de acometida subterránea entre la calle principal, incluyendo conductores verticales a un poste u otra estructura o desde el(los) transformadores y el primer punto de conexión de los conductores de entrada de acometida en una caja terminal o de punto de medición u otra caja dentro o fuera de la pared de la edificación. Donde no exista caja de terminales o medición u otro punto de conexión se considera ser un punto de entrada al interior de la edificación de los conductores de acometida.

**A la vista de:** Donde se especifique que un equipo debe estar "A la vista de" otro equipo, significa que un equipo debe estar visible desde el otro equipo y que no están separados más de 15 m uno del otro.

**Alimentador:** Todos los conductores de un circuito entre el equipo de acometida o la fuente de un sistema derivado separadamente u otra fuente de alimentación y el dispositivo final de protección contra sobrecorriente del circuito derivado.

**Alumbrado de realce:** Disposición de lámparas incandescentes, de descarga o algún otro tipo de iluminación eléctrica para delinear o llamar la atención de ciertas características, tales como la forma de un edificio o la decoración de un escaparate.

**Anuncio luminoso:** Equipo de utilización fijo, estacionario o portátil, autocontenido, iluminado eléctricamente con palabras o símbolos, diseñado para comunicar información o llamar la atención.

**Aparato a prueba de explosión:** Aparato encerrado en una envolvente capaz de soportar una explosión que pueda ocurrir en su interior, y de prevenir la ignición de un gas o vapor específico que rodee la envolvente, por chispas o explosión del gas o vapor del interior de la envolvente y capaz de funcionar a una temperatura exterior tal que la atmósfera inflamable que le rodea no pueda ser incendiada por su causa.

**Aparatos Electrodomésticos:** Equipo de utilización, generalmente no industrial, que usualmente se fabrica en tamaños normalizados y que se instala o conecta como una unidad para realizar una o más funciones, como lavar ropa, acondicionar aire, mezclar alimentos, freír, etcétera.

**Apartado, Separado:** (aplicado a lugares) No accesible fácilmente por las personas, sin utilizar medios especiales.

**Aprobado:** Aceptado para su utilización.

**A prueba de intemperie:** Construido o protegido de modo que su exposición o uso a la intemperie no impida su buen funcionamiento.

**NOTA:** Los equipos a prueba de lluvia herméticos a la lluvia o herméticos al agua pueden cumplir los requisitos de “a prueba de intemperie” cuando no influyen otras condiciones atmosféricas variables a la humedad, tales como la nieve, hielo, polvo o temperaturas extremas.

**A prueba de lluvia:** Construido, protegido o tratado para impedir que la lluvia interfiera con la operación satisfactoria del aparato bajo condiciones de prueba específica.

**A prueba de polvo:** Construido de tal forma que el polvo no interfiera en su operación satisfactoria.

**A tierra:** Conexión conductora, intencionada o accidental, entre un circuito o equipo eléctrico y el terreno natural o algún cuerpo conductor que sirva como tal.

**Automático:** Auto-actuante, que opera por su propio mecanismo cuando se le acciona por medio de una influencia impersonal, por ejemplo un cambio de intensidad de corriente eléctrica, presión, temperatura o configuración mecánica (véase no automático).

**Autoridad competente:** Secretaría de Energía; Dirección General de Instalaciones Eléctricas y Recursos Nucleares, conforme con sus atribuciones.

**Cable de acometida:** Conductores de acometida en forma de cable.

**Caja para cortacircuitos (baja tensión):** Envolvente diseñada para montaje superficial que tiene puertas abatibles, oscilantes o cubiertas superficiales sujetas en forma telescópica a las paredes de las cajas.

**Caja de paso:** Parte de un sistema de canalización con tubería de cualquier tipo para proveer acceso al interior del sistema de alambrado por medio de una cubierta o tapa removible. Podrá estar instalada al final o entre partes el sistema de canalización.

**NOTA:** Las cajas comúnmente denominadas FS y FD o de dimensiones mayores, de metal fundido o cajas de lámina metálica, no se clasifican como cajas de paso.

**Cámara plena (de aire):** Compartimento o cámara a la que están conectados uno o más conductos de aire y que forma parte del sistema de distribución de aire.

**Canalización:** Canal cerrado de materiales metálicos o no metálicos, expresamente diseñado para contener alambres, cables o barras conductoras, con funciones adicionales como lo permita esta norma.

**Capacidad de conducción de corriente:** Corriente eléctrica expresada en amperes (A), que un conductor eléctrico puede conducir continuamente, bajo condiciones de uso normal, sin exceder su temperatura nominal.

**Carga (eléctrica):** Es la potencia instalada o demandada en un circuito eléctrico.

**Carga continua:** Aquella cuya corriente eléctrica nominal circule durante tres horas o más.

**Carga no lineal:** Aquella donde la forma de onda de la corriente eléctrica en estado estable no siga la forma de onda de la tensión eléctrica aplicada.

**NOTA:** Ejemplos de cargas que pueden ser no lineales: equipo electrónico, alumbrado de descarga eléctrica/electrónica, sistemas de velocidad variable, hornos de arco eléctrico y similares.

**Centro de control de motores:** Conjunto de una o más secciones encerradas, que tienen barras conductoras comunes y que contienen principalmente unidades para el control de motores.

**Circuito de control remoto:** Cualquier circuito eléctrico que controle a otro circuito a través de un relevador o dispositivo equivalente.

**Circuito de señalización:** Cualquier circuito eléctrico que suministre energía a equipos de señalización.

**Circuito derivado:** Conductor o conductores de un circuito desde el dispositivo final de sobrecorriente que protege a ese circuito hasta la o las salidas finales de utilización.

**Circuito derivado de uso general:** Circuito derivado que alimenta a diversas salidas para alumbrado y electrodomésticos.

**Circuito derivado individual:** Circuito derivado que alimenta a un solo equipo de utilización.

**Circuito derivado, multiconductor:** Circuito derivado que consta de dos o más conductores no puestos a tierra que tienen diferencia de potencial eléctrico entre ellos, y un conductor puesto a tierra que tiene la misma diferencia de potencial eléctrico entre él y cada conductor no puesto a tierra del circuito y que está conectado al neutro o al conductor puesto a tierra del sistema.

**Circuito derivado para aparatos electrodomésticos:** Circuito derivado que suministra energía eléctrica a una o más salidas a las que se conectan aparatos electrodomésticos; tales circuitos no deben contener elementos de alumbrado conectados permanentemente que no formen parte del aparato electrodoméstico.

**Circuito no incendiario:** Circuito en el que cualquier arco o efecto térmico producido en condiciones previstas de operación del equipo o que debido a la apertura, cortocircuito o la puesta a tierra del alambreado, en condiciones de prueba específica, no propicie la ignición de gases, vapores o mezclas aire-polvo inflamables.

**Clavija:** Dispositivo que por medio de su inserción en un receptáculo establece la conexión eléctrica entre los conductores de su propio cordón flexible y los conductores permanentemente conectados al receptáculo.

**Cocineta, cocina unitaria para mostrador:** Aparato electrodoméstico para preparación de alimentos, cocción, freído, asado; diseñado para integrarse o montarse sobre un mueble tipo

mostrador y que consiste en uno o más elementos calefactores, alambrado interno y controles incorporados o montados por separado (véase también Hornos de pared).

**Conductor aislado:** Conductor rodeado de un material de composición y espesor indicados en esta NOM como aislamiento eléctrico.

**Conductor cubierto:** Conductor rodeado de un material de composición o espesor no indicados en esta NOM como aislamiento eléctrico.

**Conductores de acometida:** Conductores comprendidos desde el punto de acometida hasta el medio de desconexión de la acometida.

**Conductores de entrada de acometida, sistema aéreo:** Conductores de acometida comprendidos entre las terminales del equipo de la acometida y un punto comúnmente fuera del edificio, y separado de sus paredes, donde se unen por derivación o empalme a la bajada de la acometida aérea.

**Conductores de entrada de acometida, sistema subterráneo:** Conductores de acometida comprendidos entre las terminales del equipo de la acometida y el punto de conexión con la acometida subterránea.

**Conductor del electrodo de puesta a tierra:** Conductor utilizado para conectar el(los) electrodo(s) de puesta a tierra al conductor de puesta a tierra del equipo, al conductor puesto a tierra o a ambos a la acometida en cada edificio o a la estructura donde esté alimentado desde una acometida común o a la fuente de un sistema derivado separadamente.

**Conductor desnudo:** Conductor que no tiene ningún tipo de cubierta o aislamiento eléctrico.

**Conductor de puesta a tierra:** Conductor utilizado para conectar un equipo o el circuito puesto a tierra de un sistema de alambrado al electrodo o electrodos de puesta a tierra.

**Conductor de puesta a tierra de los equipos:** Conductor utilizado para conectar las partes metálicas no conductoras de corriente eléctrica de los equipos, canalizaciones y otras envolventes al conductor del sistema puesto a tierra, al conductor del electrodo de puesta a tierra o ambos, en los equipos de acometida o en el punto de origen de un sistema derivado separadamente.

**Conductor puesto a tierra:** Conductor de un sistema o circuito intencionadamente puesto a tierra.

**Conector o conector:** Dispositivo metálico que establece una conexión electromecánica y continua entre partes de un mismo conductor o entre dos o más conductores o a una terminal.

**Conector a presión:** (sin soldadura) Dispositivo para establecer una conexión entre dos o más conductores o entre uno o más conductores y una terminal por medio de presión mecánica, sin uso de soldadura.

**Controlador:** Dispositivo o grupo de dispositivos para gobernar, de un modo predeterminado, la energía eléctrica suministrada al aparato al cual está conectado.

**Corriente de interrupción:** Corriente eléctrica máxima a la tensión nominal que un dispositivo, es capaz de interrumpir bajo condiciones de prueba normalizadas. Los dispositivos diseñados para interrumpir corriente eléctrica a otros niveles distintos de los de falla, pueden tener su

valor de interrupción expresado en función de otras unidades, como kW, kVA o corriente eléctrica a rotor bloqueado del motor.

**Corriente Continua (c.c.):** se denomina también corriente directa (c.d.) y ambos términos pueden emplearse para la identificación o marcado de equipos, aunque debe tenderse al empleo de c.c., que es el normalizado nacional e internacionalmente.

**Cuarto de baño:** Zona que incluye un lavabo y uno o más de los siguientes elementos: inodoro, tina o ducha.

**Cubo del elevador:** Abertura, escotilla, boca de pozo u otra abertura o espacio vertical diseñada para que dentro de ella funcione un elevador o montacargas.

#### **Desconectores:**

**Desconector de aislamiento:** Dispositivo diseñado para aislar un circuito eléctrico de su fuente de alimentación. No tiene corriente de interrupción y está diseñado para operar sin carga y únicamente después de que el circuito ha sido abierto por algún otro medio.

**Desconector de aislamiento en derivación:** Dispositivo operado manualmente usado en conjunto con un desconector de transferencia para constituir un medio de conexión directa de los conductores de carga a la fuente de alimentación y aislar el desconector de transferencia.

**Desconector de transferencia:** Dispositivo automático o no automático para transferir una o más conexiones de los conductores de carga de una fuente de alimentación a otra.

**Desconector de uso general:** Dispositivo diseñado para uso en circuitos de distribución general y derivados con el fin de conectar o desconectar cargas hasta su corriente y tensión eléctricas nominales. Tiene capacidad nominal en amperes y es capaz de interrumpir su corriente nominal a su tensión eléctrica nominal.

**Desconector de uso general de acción rápida:** Dispositivo de uso general construido de manera que pueda instalarse en cajas de dispositivos o sobre tapas de caja o utilizado junto con sistemas de alambrado reconocidos por esta norma.

**Desconector para circuito de motor:** Dispositivo cuya potencia nominal es expresada como capacidad en kW o CP y que es capaz de interrumpir la máxima corriente eléctrica de operación en sobrecarga de un motor a la tensión nominal.

**Dispositivo:** Elemento de un sistema eléctrico destinado para conducir, pero no para consumir energía eléctrica.

**Edificio o edificación:** Estructura independiente o que está separada de otras estructuras adyacentes por medio de muros divisorios y que cuenta en todas sus aberturas con puertas.

#### **Edificio de vivienda:**

**Unidad de vivienda:** Una o más habitaciones para el uso de una o más personas formando una unidad y que incluye área de comedor, de estar, dormitorio e instalaciones permanentes de cocina y servicio sanitario.

**Unidad de vivienda bifamiliar:** Edificio que contiene solamente dos unidades de vivienda.

**Unidad de vivienda multifamiliar:** Edificio que contiene tres o más unidades de vivienda.

**Unidad de vivienda unifamiliar:** Edificio que contiene solamente una unidad de vivienda.

**Encerrado:** Rodeado por una carcasa, caja, cerca o paredes para evitar que las personas entren accidentalmente en contacto con partes energizadas.

**Energizado(a):** Conectado(a) eléctricamente a una fuente de diferencia de potencial.

**Ensamble de salidas múltiples:** Canalización superficial o empotrada diseñada para contener conductores y receptáculos ensamblados ya sea en campo o en fábrica.

**Envolvente:** Recinto, recipiente o carcasa de un aparato o la cerca o paredes que rodean una instalación para evitar que las personas entren en contacto accidental con partes energizadas o para protección de los equipos contra daño físico.

**NOTA:** Véase la Tabla 430-91 y Apéndice D para ejemplos de tipos de envolventes.

**Equipo:** Término general que incluye dispositivos, aparatos electrodomésticos, luminarios, aparatos y productos similares utilizados como partes de, o en conexión con una instalación eléctrica.

**Equipo de acometida:** Equipo necesario para servir de control principal y que usualmente consiste en un interruptor automático o desconectador y fusibles, con sus accesorios, localizado cerca del punto de entrada de los conductores de suministro a un edificio u otra estructura o a un área definida.

**Equipo de utilización:** Equipo que transforma, con cierta eficiencia, la energía eléctrica en energía mecánica, química, calorífica, luminosa u otras.

**Equipo sellable:** (precintable) Equipo con envolvente en forma de caja o gabinete provisto de medios de bloqueo o sello de manera que las partes energizadas no sean accesibles sin abrir la envolvente. El equipo puede o no ser accionable sin abrir la envolvente.

**Escaparate:** Ventana utilizada o diseñada para la exhibición de mercancías o material publicitario, que está total o parcialmente cerrada o totalmente abierta por detrás y que puede tener o no una plataforma a un nivel superior al del piso de la calle.

**Etiquetado:** Equipo o materiales que tienen adherida una etiqueta, símbolo u otra marca de identificación de un organismo acreditado o dependencia que mantiene un programa de inspecciones periódicas al equipo o material etiquetado, y que es aceptable para la autoridad competente que se ocupa de la evaluación del producto. Con la etiqueta, símbolo u otra marca de identificación mencionada, el fabricante o proveedor indica que el equipo o material cumple con las normas aplicables o de su buen funcionamiento bajo requisitos específicos.

**Expuesto:** (aplicado a métodos de alambrado) Colocado sobre o fijado a la superficie o detrás de paneles diseñados para permitir el acceso (véase Accesible) (aplicado a los métodos de alambrado).

**Expuesta:** (aplicado a partes vivas) Que una persona puede inadvertidamente tocarla o acercársele a una distancia menor que la segura. Se aplica a las partes que no están adecuadamente resguardadas, separadas o aisladas (véase Accesible y Oculto).

**Fácilmente accesible:** (véase Accesible, fácilmente).

**Factor de demanda:** Relación entre la demanda máxima de un sistema o parte del mismo, y la carga total conectada al sistema o a una parte del mismo.

**Frente muerto:** Sin partes vivas expuestas hacia una persona en el lado de accionamiento del equipo.

**Gabinete:** Envolvente diseñada para montaje superficial o empotrado, provista de un marco, montura o bastidor en el que se puede instalar una o varias puertas, en cuyo caso dichas partes deben ser oscilantes.

**Garaje:** (cochera, estacionamiento) Edificio o parte de éste en el que se guardan uno o más vehículos autopropulsados que transportan líquidos o gases volátiles inflamables como combustibles, que están ahí para su uso, venta, almacenamiento, renta, reparación, exhibición o demostración; y toda aquella porción de un edificio por encima o por debajo del nivel del piso en la que se guardan tales vehículos y que no está separada del mismo con medios adecuados.

**NOTA:** Respecto a los talleres de servicio y reparación para vehículos automotores.

**Hermético al agua:** Construido para que la humedad no entre en la envolvente, en condiciones específicas de prueba.

**Hermético a la lluvia:** Construido o protegido de manera que no entre agua cuando se le expone a la lluvia batiente en condiciones específicas de prueba.

**Hermético al polvo:** Construido de modo que el polvo no entre en la envolvente en condiciones específicas de prueba.

**Herraje:** (accesorio) Contratueras, boquillas (monitor) u otra parte de un sistema de alambrado, diseñado fundamentalmente para desempeñar una función más mecánica, que eléctrica.

**Horno de pared:** Horno para cocinar, diseñado para montarse empotrado o sobre una pared u otra superficie, el cual consiste en uno o más elementos calefactores, alambrado interno y controles incorporados o para montarse por separado (véase Cocineta, Cocina unitaria para mostrador).

**Identificado:** (aplicado a los equipos) Reconocido como adecuado para un propósito específico, función, uso, entorno, aplicación, por medio de una identificación donde esté así descrito como requisito particular de esta norma (véase Equipo).

**NOTA:** La adecuación de un equipo para un propósito específico, uso, entorno o aplicación específica puede ser determinada por un organismo acreditado para la evaluación de la conformidad del producto. La identificación puede evidenciarse por medio de un listado o marca de conformidad (véase Listado, Marcado).

**Interruptor automático:** Dispositivo diseñado para abrir o cerrar un circuito por medios no automáticos y para abrir el circuito automáticamente cuando se produzca una sobrecorriente predeterminada, sin dañarse a sí mismo, cuando se aplica correctamente dentro de su valor nominal.

**NOTA:** El medio de apertura automática puede ser integral que actúa directamente con el interruptor automático o situado a distancia del mismo.

**Ajustable:** Indica que el interruptor automático puede regularse para cambiar el valor de disparo dentro de límites definidos.

**Ajuste:** El valor de corriente eléctrica, de tiempo o de ambos, a los cuales se regula el disparo de un interruptor automático ajustable.

**De disparo instantáneo:** Término calificador que indica que en la acción de disparo del interruptor automático no se ha introducido intencionalmente algún retardo.

**De retardo inverso:** Término calificador que indica que en la acción de disparo del interruptor automático se ha introducido intencionalmente un retardo que decrece a medida que la magnitud de la corriente eléctrica aumenta.

**No ajustable:** Término calificador que indica que el interruptor automático no puede regularse para cambiar el valor de la corriente eléctrica a la cual dispara o el tiempo requerido para su funcionamiento.

**Interruptor de circuito por falla a tierra:** Dispositivo diseñado para la protección de personas, que funciona para desenergizar un circuito o parte del mismo, dentro de un periodo determinado, cuando una corriente eléctrica a tierra excede un valor predeterminado, menor que al necesario para accionar el dispositivo de protección contra sobrecorriente del circuito de alimentación.

**Líquido volátil inflamable:** Líquido inflamable con punto de inflamación inferior a 38°C. Líquido inflamable cuya temperatura está por encima de su punto de inflamación, o un combustible líquido de Clase II con una presión de vapor no mayor que 276 kPa a 38°C, y cuya temperatura está por encima de su punto de inflamación.

**Listado:** Equipos, productos o servicios aprobados y certificados por un organismo de certificación acreditado para la evaluación del producto e incluidos en una lista publicada por el mismo organismo.

**Locales húmedos:** (véase Lugares)

**Locales mojados:** (véase Lugares)

**Locales secos:** (véase Lugares)

**Localización o Lugar:** (véase Lugares)

#### **Lugares:**

**Lugar húmedo:** Lugar parcialmente protegido bajo aleros, marquesinas, porches techados abiertos y lugares similares y lugares interiores sujetos a un grado moderado de humedad como algunos sótanos, graneros y almacenes refrigerados.

**Lugar mojado:** Instalación subterránea o dentro de losas o mampostería de concreto, que está en contacto directo con el terreno o un lugar sometido a saturación con agua u otros líquidos, tal como área de lavado de vehículos o un lugar expuesto a la intemperie y no protegido.

**Lugar seco:** Lugar que normalmente no está húmedo o sujeto a ser mojado. Un local clasificado como seco puede estar temporalmente húmedo o sujeto a ser mojado, como en el caso de un edificio en construcción.

**Luminario:** equipo de iluminación que distribuye, filtra o controla la luz emitida por una lámpara o lámparas y el cual incluye todos los accesorios para fijar, proteger y operar estas lámparas y los necesarios para conectarlas al circuito de utilización eléctrica.

**Marcado (aplicado a marca de conformidad):** Equipo o materiales que tienen adherida una etiqueta, símbolo u otra marca de identificación de un organismo acreditado o dependencia que mantiene un programa de inspecciones periódicas al equipo o material etiquetado, y que es aceptable para el organismo que se ocupa de la evaluación de la conformidad del producto. Con la etiqueta, símbolo u otra marca de identificación mencionada, el fabricante o proveedor indica que el equipo o material cumple con las normas aplicables o su buen funcionamiento bajo requisitos específicos (véase 110-2.)

**Medio de desconexión:** Dispositivo o conjunto de dispositivos u otros medios por medio de los cuales los conductores de un circuito pueden ser desconectados de su fuente de alimentación.

**No automático:** Acción que requiere de la intervención de personal para su control. Cuando se aplica a un controlador eléctrico, el control no automático no implica necesariamente un controlador manual, sino que es necesaria la intervención de una persona (véase Automático).

**Oculto:** Que resulta inaccesible por la estructura o acabado del edificio. Los conductores en canalizaciones ocultas son considerados ocultos, aunque se hacen accesibles al extraerlos de las canalizaciones. (Véase Accesible) (aplicado a los métodos de alambrado).

**Operable desde fuera:** Capaz de ser operado sin que el operario esté expuesto a contacto con partes vivas.

**Panel:** Placa, entrepaño, tramo, segmento, cuadro o compartimento.

**Partes vivas:** Conductores, barras conductoras, terminales o componentes eléctricos sin aislar o expuestos, que representan riesgo de choque eléctrico.

**Permiso especial:** Autorización escrita de la autoridad competente.

**Persona calificada.** Es aquella persona física cuyos conocimientos y facultades especiales para intervenir en el proyecto, cálculo, construcción, operación o mantenimiento de una determinada instalación eléctrica han sido comprobados en términos de la legislación vigente o por medio de un procedimiento de evaluación de la conformidad bajo la responsabilidad del usuario o propietario de las instalaciones.

**Protección de falla a tierra de equipos:** Sistema diseñado para dar protección a los equipos contra daños por corrientes de falla entre línea y tierra, que hacen funcionar un medio de desconexión que desconecta los conductores no puestos a tierra del circuito afectado. Esta protección es activada a niveles de corriente eléctrica inferiores a los necesarios para proteger a los conductores contra daños mediante la operación de un dispositivo de protección contra sobrecorriente del circuito alimentador.

**Protector térmico:** (aplicado a motores) Dispositivo de protección, para ser instalado como parte integral de un motor o motor-compresor y el cual, cuando se utiliza de manera apropiada, protege al motor contra sobrecalentamiento peligroso debido a sobrecarga o falla del arranque.

**NOTA:** El protector térmico puede consistir de uno o más elementos sensores integrados en el motor o motor-compresor y un dispositivo de control externo.

**Protegido térmicamente:** (aplicado a motores) Las palabras “protegido térmicamente”, en la placa de datos del motor o motor-compresor, indican que el motor tiene un protector térmico.

**Puente de unión:** Conductor confiable, para asegurar la conductividad eléctrica requerida entre partes metálicas que requieren ser conectadas eléctricamente.

**Puente de unión, circuito:** Conexión entre partes de un conductor en un circuito para mantener la capacidad de conducción de corriente requerida por el circuito.

**Puente de unión, equipo:** Conexión entre dos o más partes del conductor de puesta a tierra del equipo.

**Puente de unión, principal:** Conexión en la acometida entre el conductor del circuito puesto a tierra y el conductor de puesta a tierra del equipo.

**Puesto a tierra:** Conectado al terreno natural o a algún cuerpo conductor que pueda actuar como tal.

**Puesto a tierra eficazmente:** Conectado al terreno natural intencionalmente a través de una conexión o conexiones a tierra que tengan una impedancia suficientemente baja y capacidad de conducción de corriente, que prevengan la formación de tensiones eléctricas peligrosas a las personas o a los equipos conectados.

**Punto de acometida:** Punto de conexión entre las instalaciones de la empresa suministradora y las del usuario.

**Receptáculo:** Dispositivo de contacto eléctrico instalado en una salida para la conexión de una sola clavija. Un receptáculo sencillo es un dispositivo de contacto de un solo juego de contactos. Un receptáculo

múltiple es aquel que contiene dos o más dispositivos de contacto en el mismo chasis.

**Resguardado:** Cubierto, blindado, cercado, encerrado o protegido de otra manera, por medio de cubiertas o tapas adecuadas, barreras, rieles, pantallas, placas o plataformas que evitan el riesgo de acercamiento o contacto de personas u objetos a un punto peligroso.

**Rótulo:** (véase Anuncio luminoso).

**Salida:** Punto en un sistema de alambrado en donde se toma corriente eléctrica para alimentar al equipo de utilización.

**Salida de fuerza:** Conjunto con envoltorio que puede incluir receptáculos, interruptores automáticos, portafusibles, desconectores con fusibles, barras conductoras de conexión común y bases para montaje de wattímetros; diseñado para suministrar y controlar el suministro de energía eléctrica a casas móviles, paraderos para remolques, vehículos de recreo, remolques o embarcaciones; o para servir como medio de distribución de la energía eléctrica necesaria para operar equipo móvil o instalado temporalmente.

**Salida para receptáculos:** Salida en la que están instalados uno o más receptáculos.

**Salida para alumbrado:** Salida diseñada para la conexión directa de un portalámparas, una luminaria o un cordón colgante que termine en un portalámparas.

### **SERVICIO:**

**Servicio continuo:** Funcionamiento con una carga prácticamente constante durante un periodo largo indefinido.

**Servicio por tiempo corto:** Funcionamiento con una carga prácticamente constante durante un periodo corto y específicamente definido.

**Servicio intermitente:** Funcionamiento por intervalos alternativos de (1) con carga y sin carga; (2) con carga y en reposo, o (3) con carga, sin carga y en reposo.

**Servicio periódico:** Funcionamiento intermitente en el que las condiciones de carga son regularmente recurrentes.

**Servicio variable:** Funcionamiento con cargas e intervalos de tiempo, que pueden estar sometidos a variaciones amplias.

**Sistema de alambrado de usuarios:** Alambrado interior y exterior incluyendo circuitos de fuerza, alumbrado, control y señalización con todos sus herrajes, accesorios y dispositivos de alambrado asociados, ya sean permanentes o temporalmente instalados, que parten desde el punto de acometida de los conductores del suministrador o fuente de un sistema de derivado separadamente hasta las salidas. Dicho alambrado no incluye el alambrado interno de aparatos electrodomésticos, luminarios, motores, controladores, centros de control de motores y equipos similares.

**Sistema derivado separadamente:** Sistema de alambrado de una propiedad, cuya energía procede de una batería, sistema fotoeléctrico solar o de un generador, transformador o devanados de un convertidor y que no tiene conexión eléctrica directa incluyendo al conductor del circuito sólidamente puesto a tierra, con los conductores de suministro que provengan de otro sistema.

**Sistema solar fotovoltaico:** El total de componentes y subsistemas que, en combinación, convierten la energía solar en energía eléctrica apropiada para la conexión a una carga de utilización.

**Sobrecarga:** Funcionamiento de un equipo excediendo su capacidad nominal, de plena carga, o de un conductor que excede su capacidad de conducción de corriente nominal, cuando tal funcionamiento, al persistir por suficiente tiempo puede causar daños o sobrecalentamiento peligroso. Una falla, tal como un cortocircuito o una falla a tierra, no es una sobrecarga (véase Sobrecorriente).

**Sobrecorriente:** Cualquier corriente eléctrica en exceso del valor nominal de los equipos o de la capacidad de conducción de corriente de un conductor. La sobrecorriente puede ser causada por una sobrecarga (véase definición de "sobrecarga"), un cortocircuito o una falla a tierra.

**NOTA:** Una corriente eléctrica en exceso de la nominal puede ser absorbida por determinados equipos y conductores si se presenta un conjunto de condiciones. Por eso, las reglas para protección contra sobrecorriente son específicas para cada situación en particular.

**Tablero de alumbrado y control:** Panel sencillo o grupo de paneles unitarios diseñados para ensamblarse en forma de un solo panel, accesible únicamente desde el frente, que incluye barras conductoras de conexión común y dispositivos automáticos de protección contra sobrecorriente y otros dispositivos de protección, y está equipado con o sin desconectores para el control de circuitos de alumbrado, calefacción o fuerza; diseñado para instalarlo dentro

de un gabinete o caja de cortacircuitos ubicada dentro o sobre un muro o pared divisora y accesible únicamente desde el frente (véase Tablero de distribución).

**Tablero de distribución:** Panel grande sencillo, estructura o conjunto de paneles donde se montan, ya sea por el frente, por la parte posterior o en ambos lados, desconectadores, dispositivos de protección contra sobrecorriente y otras protecciones, barras conductoras de conexión común y usualmente instrumentos. Los tableros de distribución de fuerza son accesibles generalmente por la parte frontal y la posterior, y no están previstos para ser instalados dentro de gabinetes.

**Tensión eléctrica a tierra:** En los circuitos puestos a tierra, es la tensión eléctrica entre un conductor dado y aquel punto o el conductor del circuito que es puesto a tierra. En circuitos no puestos a tierra es la mayor diferencia de potencial entre un conductor determinado y otro conductor de referencia del circuito.

**Tensión eléctrica (de un circuito):** Es el mayor valor eficaz (raíz cuadrática media), de la diferencia de potencial entre dos conductores determinados. Es la mayor diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos cualesquiera de la instalación.

**NOTA:** Algunos sistemas, como los trifásicos de cuatro hilos, monofásicos de tres hilos y de c.c. de tres hilos, pueden tener varios circuitos a diferentes tensiones eléctricas.

**Tensión eléctrica nominal:** Valor nominal asignado a un circuito o sistema para la designación de su clase de tensión eléctrica. La tensión eléctrica real a la cual un circuito opera puede variar de la nominal dentro de una gama que permita el funcionamiento satisfactorio de los equipos.

**Tubo (conduit):** Sistema de canalización diseñado y construido para alojar conductores en instalaciones eléctricas, de forma tubular, sección circular.

**Unión:** Conexión permanente de partes metálicas, que no lleva corriente normalmente, que forma una trayectoria eléctricamente conductora que asegure la continuidad y capacidad de conducir con seguridad cualquier corriente eléctrica a la que puedan estar sometidas.

## Anexo B

### Sistema de tierra

Los sistemas de tierra se deben considerar como una parte fundamental dentro del funcionamiento de cualquier sistema eléctrico, su importancia radica en que permiten limitar las sobretensiones debidas a descargas atmosféricas, a fenómenos transitorios en los circuitos, a contactos accidentales de mayor tensión, permitiendo además limitar la diferencia de potencial a tierra de un circuito cuando este opera en condiciones normales.

Los Sistemas de Tierra se utilizan en Subestaciones de Potencia, en Plantas Generadoras, en Líneas de Transmisión, en Sistemas de Distribución y dependiendo en que parte del sistema eléctrico se utilicen deberá ser el diseño de estos.

En el diseño de un Sistema de Tierra se deben considerar varios factores, como la tensión del sistema, el valor de la resistencia a tierra y el tipo de terreno.

### Suelo o terreno

Conocer el suelo del lugar en el que se va instalar un sistema de tierra es esencial para su diseño, ya que las características del suelo o terreno pueden ser tan diferentes entre uno y otro punto, que hay suelos que son aislantes y no conducen la electricidad, como también hay suelos que son buenos conductores.

Para saber que tan buen conductor de electricidad es el suelo, es necesario conocer su resistividad o resistencia específica, entre los suelos con alta resistividad se encuentran los rocosos, los formados por arena y los suelos secos y entre los suelos con baja resistividad se encuentran los terrenos húmedos.

Una clasificación general de la resistividad del terreno es:

a) Tierra orgánica húmeda	10	Ohms-metro.
b) Tierra húmeda	100	Ohms-metro.
c) Tierra seca	1,000	Ohms-metro.
d) Roca	5,700	Ohms-metro.

Y para diferentes tipos de suelos:

e) Arcilla	100	Ohms-metro.
f) Esquisto o pizarra	100	Ohms-metro.
g) Arena y grava	1,000	Ohms-metro.
h) Granito, basalto	1,000	Ohms-metro.
i) Piedra arenisca	2,000	Ohms-metro.
j) Piedra caliza	4,000	Ohms-metro.
k) Piedra caliza de superficie	10,000	Ohms-metro.

## Resistencia a tierra

La resistencia a tierra de un electrodo se determina por la suma de varias resistencias; la de contacto en las conexiones, las propias del electrodo, la del electrodo y el medio que lo rodea y la última la representa el terreno que es la más apreciable ya que las otras son muy bajas en comparación con esta.

Para realizar la medición de la resistencia de puesta a tierra hay un método llamado el de “la caída de tensión” y consiste en circular una corriente entre dos electrodos fijos, uno auxiliar (C2) y el otro de prueba (C1), midiendo la caída de tensión entre otro electrodo auxiliar (P2) y el otro electrodo bajo medición (P1), este segundo electrodo auxiliar (P2) se va desplazando y conforme se mueve se van tomando lecturas y graficando hasta obtener la (Fig.1).

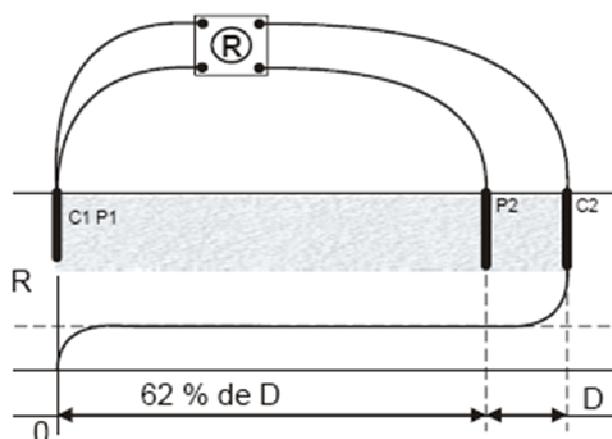


Figura 1 Método de la caída de tensión.

El valor de la resistencia a tierra de la red es el que se obtiene en la intersección del eje de resistencia (R) con la parte paralela de la grafica al eje de las distancias (D).

Si la curva no presenta un tramo paralelo, quiere decir que la distancia escogida no es suficiente.

## Potenciales peligrosos

Las condiciones que pueden provocar un accidente son:

- Corriente de falla a tierra muy elevada en relación con el área que ocupa el sistema de tierras y su resistencia a una tierra remota.
- La resistividad del suelo y la distribución de la corriente puedan generar gradientes de potencial elevados en la superficie.
- La posición de un individuo entre dos puntos con un alta diferencia de potencial.
- Duración de la falla, el flujo de corriente a través del cuerpo humano por un tiempo suficiente puede causar quemaduras y hasta la muerte.

En el momento que ocurre una falla a tierra se pueden presentar potenciales peligrosos que pueden dañar a las personas o a los equipos cercanos a esta.

Estos potenciales son:

- a) Potencial de toque o contacto.
- b) Potencial de paso.
- c) Potencial transferido.

Cuando una persona es alcanzada por estos potenciales se presenta en su organismo una corriente de fibrilación, que es aquella que se produce al existir una diferencia de potencial entre dos partes de su organismo. El potencial tolerable del cuerpo humano esta en función de esta corriente, que al circular por el corazón, primeramente le produce una arritmia cardiaca, procediendo a detenerlo por completo causándole la muerte.

### Potencial de toque o de contacto

Este potencial, como se muestra en la figura 2, se presenta cuando se toca una estructura por la cual circula una corriente de falla. Considerando la corriente de fibrilación y la resistencia del cuerpo humano, el potencial que puede soportar el cuerpo humano, dependiendo de su peso, esta dado por las ecuaciones de la (Fig.2).

$$\text{Potencial de toque} = \frac{116 + 0.17\varphi}{\sqrt{t}} \text{ para } 50 \text{ Kg.}$$

$$\text{Potencial de toque} = \frac{157 + 0.24\varphi}{\sqrt{t}} \text{ para } 70 \text{ Kg.}$$

donde:

$\varphi$  = resistividad de la superficie del suelo en ohms-metro.

t = duración de la falla en segundos.

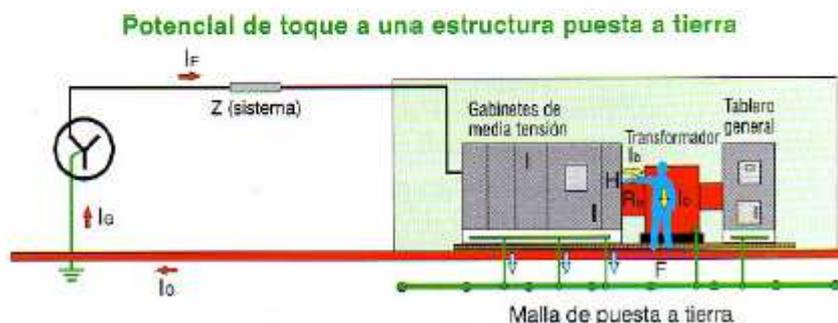


Figura 2 Potencial de toque.

## Potenciales transferidos

Estos se producen cuando existen elementos metálicos que salen del lugar de la falla, como son; rieles, hilo de guarda, tuberías, etc.

En condiciones normales el equipo eléctrico que esta puesto a tierra opera a nivel de tensión cero o cercano a cero y este potencial es idéntico al de una red remota. Durante una condición de falla se eleva el potencial con respecto a la red remota, existiendo una diferencia de potencial, que es proporcional a la magnitud de la corriente en la malla de tierras y a su resistencia.

En la práctica para evitar tener contacto con los potenciales inducidos, lo que se hace es aislar los elementos metálicos que salen de los equipos eléctricos.

## El electrodo de puesta a tierra

El electrodo es la masa metálica que se encuentra en contacto con el terreno para facilitar el paso de corrientes de falla. Los metales de los electrodos deben ser los más resistentes posibles a las acciones de la humedad y a los elementos químicos contenidos en el terreno. El electrodo puede consistir en un conductor enterrado en forma vertical u horizontal, una placa enterrada, una varilla con relleno químico, varillas en paralelo, mallas de cables enterrados, etc.

La resistencia total de un electrodo se puede dividir en tres partes:

- a) la resistencia propia del conductor.
- b) la resistencia de contacto entre el electrodo y la tierra.
- c) la resistencia de la masa de tierra que rodea al electrodo.

De estas la resistencia de la masa de tierra es la que tiene un valor más significativo, el valor de las otras dos en comparación con esta, se pueden considerar despreciables.

La resistencia total de un electrodo se puede dividir en tres partes:

- a) la resistencia propia del conductor.
- b) la resistencia de contacto entre el electrodo y la tierra.
- c) la resistencia de la masa de tierra que rodea al electrodo.

De estas la resistencia de la masa de tierra es la que tiene un valor más significativo, el valor de las otras dos en comparación con esta, se pueden considerar despreciables.

## Electrodos múltiples

Los electrodos comunes (varillas enterradas) por lo general tienen un valor de resistencia a tierra alto, esto ocasiona que para tener valores de resistencia bajos sea necesario colocar varios electrodos en paralelo y con estos arreglos lograr un valor aceptable. Entre los arreglos de electrodos se tienen tipificados los siguientes: dos electrodos en paralelo que reducen al 55

% la resistencia de uno, tres electrodos en línea recta reducen al 35 %, tres electrodos en delta reducen al 38 %, cuatro electrodos en cuadro reducen al 28 %, ocho electrodos en cuadro reducen al 17 %, ocho electrodos en círculo reducen al 16 %, nueve electrodos en cuadro sólido reducen al 16 % y doce electrodos en cuadro reducen al 12 %.

Cuando se utilizan electrodos múltiples, estos deberán espaciarse por lo menos la longitud de ellos. Por ejemplo, si se tienen dos varillas espaciadas 3 m, la resistencia bajará aproximadamente el 60%. Si el espacio entre las varillas se incrementa a 6 m, la reducción será aproximadamente del 50%. Esta relación de resistividad respecto a la distancia entre electrodos se muestra en la (Fig.3).

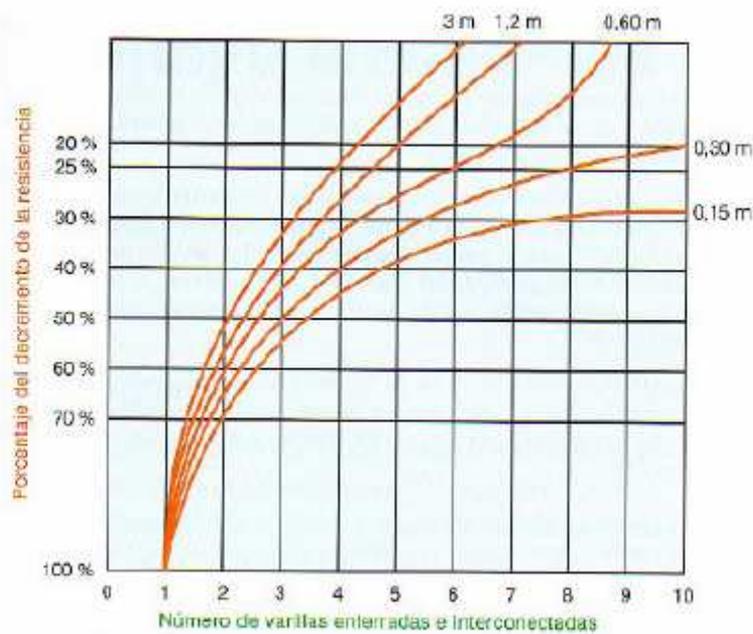


Figura 3 Resistencia vs electrodos de puesta a tierra.

### Varilla de Copper-weld

Es una barra circular de acero forrada con una delgada capa de cobre de 0.25 mm, con una longitud aproximada de 3 m; el hierro le da la dureza y el cobre le da conductividad y resistencia a la corrosión, se introducen en el suelo por medio de golpes ya que tienen la suficiente consistencia, algunas varillas se pueden unir por medio de conectores por lo que se pueden acoplar y tener longitudes mayores. En suelos duros como el tepetate y roca no es fácil introducir varillas de copper-weld por lo que para instalarlos algunas veces es necesario hacer primero una barrenación y después proceder a su instalación, ocasionando que se eleven los costos de instalación.

## Electrodos químicos

Estos consisten en modificar el medio que rodea al electrodo, es decir bajar la resistividad del suelo, los más conocidos son:

- a) Carbón mineral (coke). Tiene más baja resistividad que el carbón vegetal, aunque depende en cierta medida de la humedad que contenga.
- b) Sulfatos. Su composición química permite tener una baja resistividad, pero han caído en desuso debido a sus propiedades corrosivas sobre los metales, particularmente sobre el cobre.
- c) Sales. Al igual que los sulfatos su composición química permiten tener una baja resistividad, pero están en desuso, porque además de ser corrosivas tienen la cualidad de que se diluyen en el agua.

## Bentonita

La bentonita es una arcilla, que tiene como propiedad principal la capacidad de absorber y retener el agua, lo cual a hecho que sea usada como medio artificial para bajar la resistividad del terreno y a la vez reducir el valor de resistencia a tierra.

## Resinas sintéticas

Son resinas de bajo peso molecular del tipo electrolítico con un elemento endurecedor, dando un elemento de baja resistividad que se mantiene por largo tiempo, su eficiencia va del 80 al 90 %.

## SISTEMA DE ELECTRODOS DE PUESTA A TIERRA

De acuerdo a la NOM-001 (Norma Oficial Mexicana de Instalaciones Eléctricas), Artículo 250 en la sección H, si existen en la propiedad, en cada edificio o estructura perteneciente a la misma, electrodos de puesta a tierra, ya sea que formen parte de la estructura, existan en la propiedad o se hayan prefabricado, estos deben de conectarse entre si para formar el sistema de electrodos de puesta a tierra.

Entre los electrodos que existen en la propiedad o pertenecen a la estructura están:

- a) Tubería subterránea para agua.
- b) Estructura metálica del edificio.
- c) Electrodo empotrado en concreto.
- d) Anillo de tierra.

Entre los electrodos prefabricados o especialmente contruidos están:

- a) Electrodos de varilla o tubería.
- b) Electrodos de placas.

Del área del electrodo que este en contacto con el terreno dependerá el valor de la resistencia a tierra. En baja tensión, en ningún caso la resistencia a tierra del sistema de electrodos deberá se superior a 25 ohms.

Para obtener un valor adecuado de resistividad, en el suelo del Campus Universitario el cual esta formado en su mayoría por roca volcánica es recomendable utilizar los electrodos profundos como varillas de Coppel-Weld previa barrenación del terreno, electrodos químicos previa construcción de una trinchera para evitar la disolución de estos en el terreno o el deslave por la lluvia y si se diera el caso de que el sistema de tierra que se construyera se ubicara cerca de alguna línea de conducción de agua construida con tubería metálica o estructura metálica de un edificio el sistema de tierra se podría conectar a estos electrodos.

## DISEÑO DE SISTEMAS DE TIERRA

Los principales factores que intervienen en el diseño de un sistema de tierras son: resistividad del terreno, tensión de servicio, potencia de corto circuito, corriente de corto circuito, espacio disponible, equipo y personal a proteger, por mencionar los más importantes.

En los inicios del uso de la electricidad la tierra eléctrica solo se usaba como una referencia de tensión; sin embargo, con el transcurso del tiempo se le fueron asignando otras funciones, entre otras, limitar las tensiones debidas a descargas atmosféricas, a fenómenos transitorios en el propio circuito o a contactos accidentales con líneas de mayor tensión, así como a estabilizar la tensión a tierra del circuito durante su operación normal, una conexión sólida a tierra facilita también la operación de los dispositivos de protección contra sobrecorriente, en caso de fallas a tierra.

Hoy en día los reglamentos vigentes exigen la conexión a tierra de todas las partes metálicas que pueden energizarse en un momento dado por una falla a tierra.

### Diseño de una red de tierra para media tensión

En subestaciones de media tensión (13.8 kv., 23 kv., 34.5 kv.) no es suficiente tener una resistencia a tierra baja para proteger los equipos y al personal, existen factores que son determinantes y que si no se cumplen, el diseño no es adecuado ya que se pueden presentar potenciales peligrosos al momento de una falla de cortocircuito, algunos de estos factores son: la resistividad del terreno, la corriente de corto circuito, el tamaño del local de la subestación, duración de la falla, geometría de la malla, entre otros.

Un diseño adecuado se debe de basar en la protección del personal y los equipos, disipando las corrientes de falla a tierra sin elevar el potencial que se presenta más allá de lo permisible.

Es decir, poniendo especial interés en los criterios de las tensiones de paso y de toque. Las tensiones de paso son menos peligrosas que las tensiones de toque, además, por regla general se colocan materiales de alta resistividad en la superficie de las subestaciones (grava, tezontle, tarimas de madera, tapetes de hule, etc.).

Una red de tierras generalmente está formada por un conductor desnudo enterrado a una profundidad que varía de 30 a 100 cm. en forma horizontal, en forma rectangular, formando

una malla y con conductores paralelos en ambos sentidos, con electrodos o varillas colocadas en las esquinas o en cualquier parte de la red. La configuración de la malla no necesariamente debe de tener forma rectangular, ya que esta puede adaptarse a las condiciones del terreno que ocupa la subestación.

Cuando ocurre una falla a tierra en una subestación, la tensión máxima que se presenta en la malla (tensión de malla) es el peor caso, con excepción de las tensiones transferidas, entonces, la tensión de malla se puede usar como base para el diseño, ya que la máxima tensión de toque es igual a la tensión de malla.

Las tensiones de malla se incrementan ligeramente hacia las esquinas dependiendo de factores como; tamaño de la red, numero y localización de varillas, espacio entre conductores paralelos, diámetro y profundidad del conductor que forma la malla, etc. Por eso es recomendable reforzar la malla hacia las orillas, colocando los conductores más cerrados.

Existen fórmulas para calcular el esfuerzo térmico y para calcular la sección o calibre requerido en función de la corriente de cortocircuito; sin embargo, el dimensionamiento de los conductores de que está formado un sistema de tierras, viene dado en función de la sección nominal del mayor conductor de entrada a la acometida, establecido en la tabla 1, correspondiente a la NOM-001-2005 (instalaciones eléctricas).

Tabla 1. Calibre del conductor del electrodo de tierra.

CALIBRE DEL CONDUCTOR MAS GRANDE DE LA ACOMETIDA, O DEL ALIMENTADOR GENERAL DE SERVICIO AWG O MCM. ( COBRE )	CALIBRE DEL CONDUCTOR DEL ELECTRODO DE TIERRA: AWG O MCM ( COBRE )
2 o MENOR.	8
1/0	6
2/0 o 3/0	4
4/0 A 350 MCM	2
400 A 600 MCM	1/0
MAYOR DE 600 MCM A 1100 MCM	2/0
MAS DE 1110 MCM	3/0

Tabla. Calibre de los conductores para puesta a tierra de equipos y canalizaciones interiores.

CAPACIDAD NOMINAL O AJUSTE DEL DISPOSITIVO DE PROTECCION CONTRA SOBRECORRIENTE UBICADO ANTES DEL EQUIPO CONDUCTOR, ETC.,	CALIBRE DEL CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA: ( AWG O MCM )	
	NO MAYOR DE (AMPERES)	COBRE
15	14	12
20	14	12
30	12	10
40	10	8
60	10	8
100	8	6
200	6	4
400	4	2
600	2	2/0
800	1/0	3/0
1 000	2/0	4/0
1 200	3/0	250 MCM
1 600	4/0	350 "
2 000	250 MCM	400 "
2 500	350 "	500 "
3 000	400 "	600 "
4 000	500 "	800 "
5 000	700 "	1 000 "
6 000	800 "	1 200 "

## Anexo C

### Corrección del factor de potencia

En las instalaciones eléctricas las máquinas eléctricas y algunos otros elementos como las balastras de alumbrado fluorescente demandan además de la corriente de trabajo (en fase con el voltaje) una componente reactiva defesado 90° (retrasada con respecto al voltaje), y que sirve para crear el campo magnético. Tal corriente magnetizante que debe proporcionar la fuente del suministro, hace disminuir la potencia útil de la instalación, además con las pérdidas por efecto Joule, se disminuye la eficiencia y aumenta la caída de tensión.

Este inconveniente se puede reducir o eliminar, con el uso de condensadores (capacitores) instalados en la proximidad de las cargas y con capacidad para suministrar parte o toda la corriente de magnetización requerida por el usuario.

El factor de potencia de un circuito de corriente alterna, está dado por la ecuación:

$$\text{Cos } \phi = P / S$$

Donde:

$\phi$  = Factor de potencia expresado como un número o porcentaje (Watts).

P = potencia activa absorbida o entregada por el circuito.

S = potencia aparente del circuito. (VA).

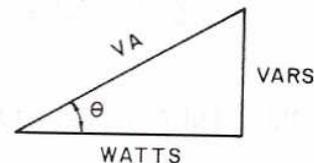
Debido a que la potencia activa P, no puede nunca exceder a la potencia aparente S; el factor de potencia no puede ser nunca mayor que la unidad (0 al 100%); debido a que la potencia aparente, solo puede ser igual a la potencia activa en un circuito resistivo.

En resumen, el factor de potencia de un circuito o aparato es una manera simple de establecer que parte de la potencia aparente, es real o activa.

En un circuito monofásico, el factor de potencia es también una medición del ángulo de fase entre el voltaje y la corriente.

#### FACTOR DE POTENCIA.

$$\text{Cos } \theta = \frac{\text{WATTS}}{\text{VA}}$$



$$P = VI \times \text{COS}\theta \text{ (MONOFÁSICO)}$$

$$P = \sqrt{3} VI \text{ COS}\theta \text{ (TRIFÁSICO)}$$

$$\text{VA} = \sqrt{(\text{WATTS})^2 + (\text{VARS})^2}$$

$$\text{WATTS} = \sqrt{(\text{VA})^2 - (\text{VARS})^2}$$

$$\text{VARS} = \sqrt{(\text{VA})^2 - (\text{WATTS})^2}$$

En la siguiente figura 1 se muestra el diagrama de conexión de un banco de condensadores mostrando sus elementos de mando, control y protección.

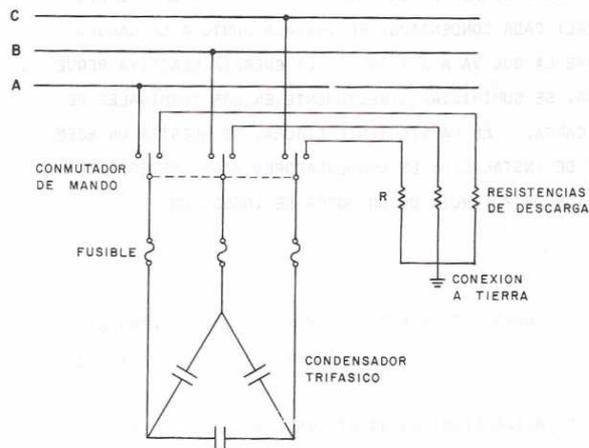


Figura 1. Diagrama de conexión de un condensador trifásico a la alimentación.

Una vez que se determina la potencia total de los condensadores; necesaria para corregir el factor de potencia de una instalación se debe hacer la subdivisión de esta potencia en varias unidades, así como la ubicación misma de los condensadores de la instalación.

Con respecto a la subdivisión en varias unidades o módulos se deben considerar los tipos constructivos, existentes en el mercado, así como las características de los aparatos de conexión y protección.

- A. Disposición distribuida de manera que un banco de condensadores se instala actuando sobre cada carga por corregir.
- B. Disposición por grupo de cargas.
- C. Disposición centralizada.

### Disposición distribuida

Esta es considerada en muchos casos, como la solución ideal; cada condensador se instala junto a la carga, sobre la que va a actuar. La energía reactiva requerida se suministra directamente en las terminales de la carga. En la siguiente figura se muestra un ejemplo de instalación de condensadores para corregir el factor de potencia de un motor de inducción.

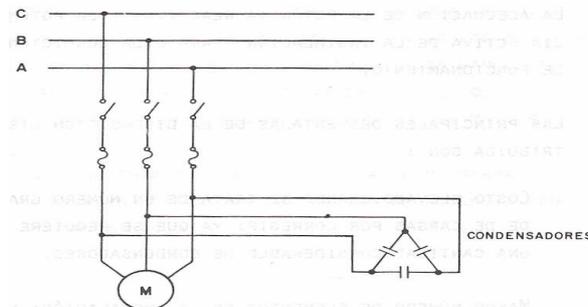


Figura 2. Corrección del factor de potencia de un motor de inducción.

Las principales ventajas de esta disposición distribuida son:

- La utilización completa de la instalación de los alimentadores.
- La adecuación de la potencia reactiva a la potencia activa de la instalación para cada condición de funcionamiento.

Desventajas:

- Costo elevado, cuando se trata de un número grande de cargas por corregir; ya que se requiere de una cantidad considerable de condensadores.
- Mayor número de elementos en la instalación.

### Disposición por grupo

Esta solución representa un compromiso, desde el punto de vista técnico; en la práctica resulta ser de las más usadas; ya que permite equilibrar las exigencias económicas, con una utilización discreta de las instalaciones.

Prácticamente, el número de centros de corrección del factor de potencia, y la potencia de cada grupo, sobre los que actúan los condensadores, son objeto de un estudio instalación por instalación. Los bancos de condensadores, se pueden instalar en los mismos tableros; por ejemplo en los centros de control de motores.

En la siguiente figura se muestra un diagrama de ejemplo para la corrección del factor de potencia en un grupo de cargas.

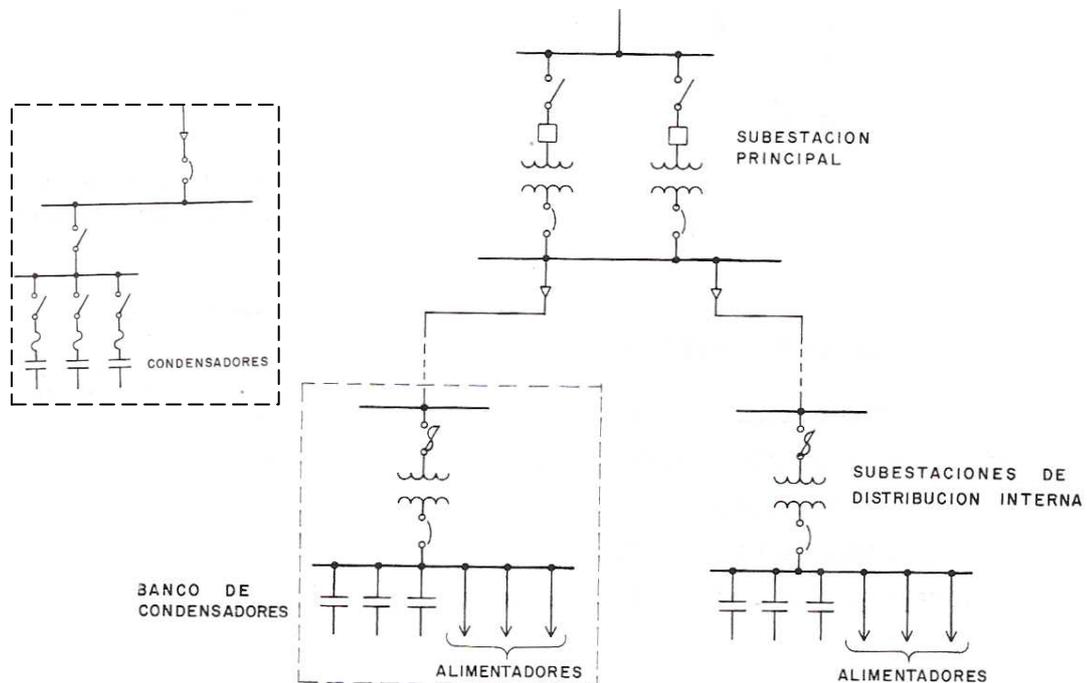
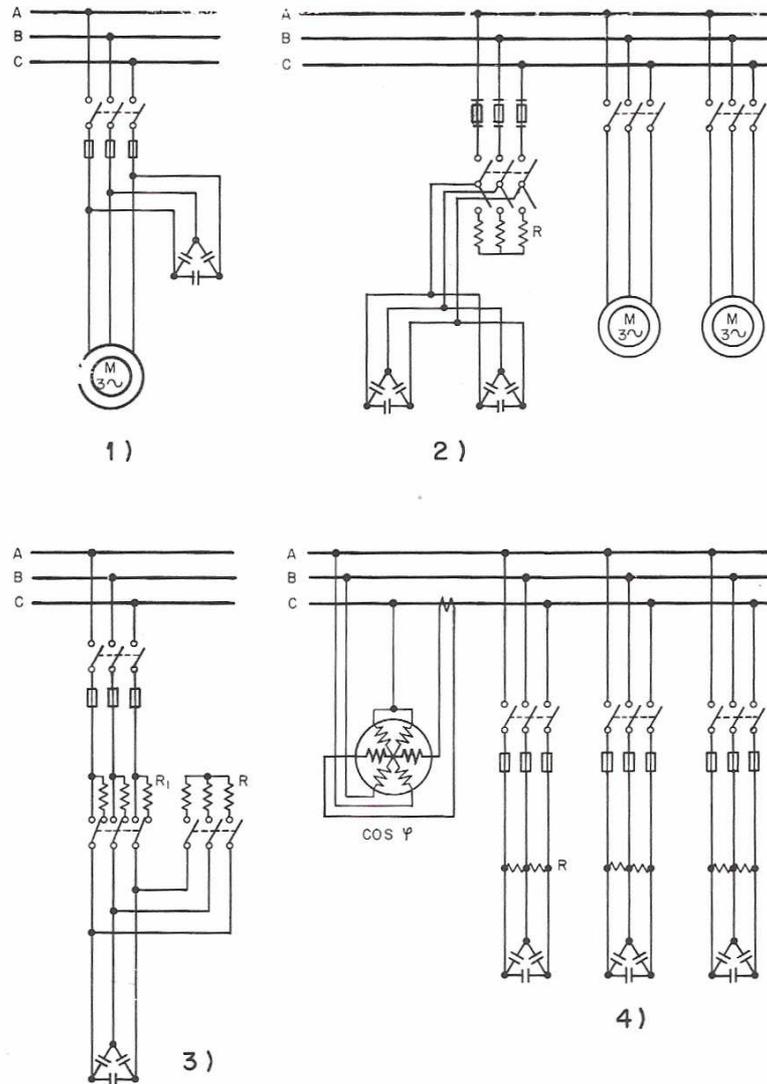


Figura 3. Corrección del factor de potencia con disposición por grupo.

## Disposición centralizada

Con esta disposición, se instala un solo grupo de condensadores a la entrada, o punto de alimentación de la instalación; es bastante simplificada, y en cierto modo es equivalente al caso anterior solo que en este caso, conviene la utilización de la conexión automática.



- 1) Corrección del factor de potencia de un motor de inducción.
- 2) Batería de condensadores con resistencias de descarga.
- 3) Condensadores con resistencias de conexión  $R_1$  y resistencia de descarga  $R$ .
- 4) Batería de condensador con mando manual de conexión y desconexión y resistencia de descarga permanente conectada para corrección de factor de potencia centralizado.

Figura 4. Tipos de arreglo de banco de capacitores.

## Anexo D

### Mantenimiento programado a los tableros eléctricos

Se presenta un calendario de mantenimiento programado a los tableros las actividades a realizar son sencillas, pero el realizarlas de manera periódica y continua, permitirá detectar puntos críticos que a la larga pueden convertirse en consumos excesivos o accidentes mayores.

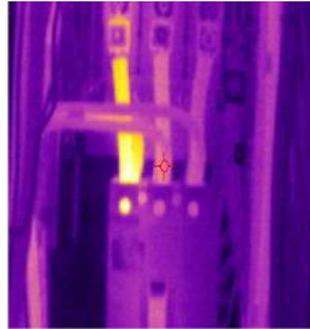
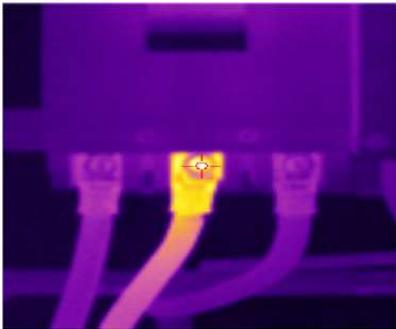
DIA		ENERO		FEBRERO		MARZO		ABRIL		MAYO		JUNIO		JULIO		AGOSTO		SEPTIEMBRE		OCTUBRE		NOVIEMBRE		DICIEMBRE	
		codigo	TIPO	codigo	TIPO	codigo	TIPO	codigo	TIPO	codigo	TIPO	codigo	TIPO	codigo	TIPO	codigo	TIPO	codigo	TIPO	codigo	TIPO	codigo	TIPO	codigo	TIPO
1																									
2																									
3																									
4																									
5		T2	A3																						
6				T6	A3																				
7																									
8																									
9																									
10																									
11																									
12																									
13		T1	A3																						
14																									
15																									
16																									
17																									
18																									
19		T3	A3																						
20																									
21																									
22																									
23																									
24																									
25																									
26																									
27																									
28																									
29																									
30																									
31																									

A1 ANUAL  
 A3 CADA 3 MESES  
 TABLERO PRINCIPAL  
 PLANTA BAJA  
 PRIMER PISO  
 SEGUNDO PISO  
 TERMOGRAFIAS

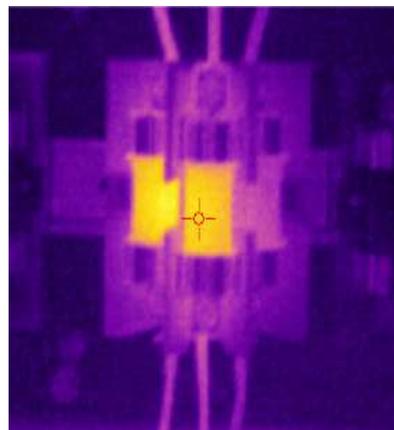
## Termografía

Se recomienda el uso de la termografía infrarroja que es una técnica para revisar las conexiones, equipo eléctrico, en caso de componentes defectuosos, ensamblado o instalación defectuosa; lo cual puede reducir fallas y problemas graves que se verán reflejadas con el paso del tiempo, provocando un incremento en la cantidad de energía disipada en forma de calor, lo cual se podrá ver reflejada en un incremento en la señal termográfica.

Estas señales las podremos ver reflejadas en las siguientes figuras que ejemplifican la manera en se que presenta dicha señal.



Estas figuras nos muestran como se observa un desbalance de cargas en un análisis termografico.



Calentamiento de cables en las conexiones y también el calentamiento de los fusibles.

## BIBLIOGRAFÍA

- N. Brato y E. Campero. Instalaciones Eléctricas conceptos básicos y diseño. Editorial Alfaomega, 1989.
- Becerril L. Diego Onésimo Instalaciones Eléctricas Prácticas Editorial Conaculta 2008.
- T. Morse, Frederick. Centrales eléctricas Teoría y práctica de las plantas generadoras eléctricas estacionarias. Editorial Continental, 1975.
- K. Y. Tao, William y R. Janis, Richard. Manual de instalaciones eléctricas y mecánicas en edificios. Tomos I y II, Editorial Prentice Hall, 1997.
- Revista del ahorro de energía eléctrica, FIDE. Revista publicada por el Fideicomiso para el ahorro de Energía Eléctrica. año 10. Núm. 38, 2001.
- Norma Oficial Mexicana sobre Seguridad e Higiene NOM-025-STPS-1999.
- Norma Oficial Mexicana NOM-001-2005, instalaciones eléctricas (utilización).
- Copeland, Gilvert. Manual de refrigeración, 2000.
- Frank M. White. Mecánica de fluidos. Editorial McGraw-Hill, 1988.
- Merrick Gay, Charles, De Van Fawcett, Charles, McGuinness, William J. Manual de instalaciones en los edificios. Tomos II y III, sexta edición, editorial G. Gili, 1990.
- Gatica Ángeles, Rodolfo Mantenimiento industrial (manual de operación y administración). Editorial Trillas, 2000.
- Harper Enríquez Gilberto El ABC de las instalaciones eléctricas Editorial Limusa 1985.
- Harper Enríquez Gilberto Manual de instalaciones eléctricas, residenciales e industriales Editorial Limusa 1996.

- Pere Ezquerra y Pizá. Climatización de confort e industrial. Editorial Productica, 1997.
- Duffuaa, Salih O. y Dixon Campbell, John. Sistema de mantenimiento (planeación y control). Editorial Limusa, 2000.
- Ávila Espinosa, Jesús. Mantenimiento rutinario. Sexta edición, editorial Sommac, 1991.
- Ávila Espinosa, Jesús. Conceptos básicos del mantenimiento. Novena edición, editorial Sommac, 1990.
- Harper Enríquez, Gilberto. Manual de aplicación del reglamento de instalaciones eléctricas. Editorial Limusa, 1999.