



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

**ILUMINACION E INSTALACIONES
ELECTRICAS**

**“PROYECTO DE ILUMINACIÓN E
INSTALACIÓN ELECTRICA DE UN TALLER
DE INYECCIÓN DE PLASTICO”**

TRABAJO DE SEMINARIO
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A :
JORGE TREJO QUEZADA

ASESOR ING RAMON OSORIO GALICIA

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MÉXICO

2002

TEJIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
PRESENTE

DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

ATN. Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario
Iluminación e instalaciones electricas. Iluminación e instalación
eléctrica de un taller de inyección de plastico

que presenta El pasante: Trejo Quezada Jorge
con número de cuenta: 8806128-7 para obtener el título de
Ingeniero mecanico eléctricoista

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXÁMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 13 de Diciembre de 2001

MODULO	PROFESOR	FIRMA
<u>I</u>	<u>Ing. Ramón Osorio Galicia</u>	<u>[Firma]</u>
<u>II</u>	<u>Ing. Jaime Rodriguez Martinez</u>	<u>[Firma]</u>
<u>III</u>	<u>Ing. Pedro Guzman Tinajero</u>	<u>[Firma]</u>

DEDICATORIA:

A MI MADRE POR SU INFINITA CONFIANZA, SUS CONSEJOS Y APOYO INCONDICIONAL

A MIS HERMANAS Y HERMANO POR SU PACIENCIA

A MI CHAPARRITA POR SU GRAN AMOR, COMPRENSION, PACIENCIA Y APOYO

PARA TODAS LAS PERSONAS QUE EN EL TRANCURSO DE LA CARRERA COLABORARON PARA LA CONCLUSION DE ESTA

PARA MI ASESOR ING. RAMON OSORIO GALICIA POR SU APOYO

PARA LOS COMPAÑEROS DE CARRERA YA QUE CON SU AMISTAD SE LOGRO EL OBJETIVO

A LAS PERSONAS LAS CUALES ADMIRE EN EL TRANCURSO DE LA CARRERA TOMÁNDOLAS COMO UN EJEMPLO

PROYECTO DE ILUMINACION E INSTALACION ELECTRICA DE UN TALLER DE INYECCION DE PLASTICO

INDICE

INTRODUCCION

CAPITULO 1 SEGURIDAD

1.1 RIESGOS DE LA CORRIENTE ELECTRICA

- ELECTROCUCION
- NIVELES PELIGROSOS DE CORRIENTE
- TENSION PELIGROSA
- INCENDIO Y QUEMADURAS
 - INCENDIOS
 - QUEMADURAS
- MEDIDAS DE SEGURIDAD

1.2 NORMALIZACION

- NORMAS INTERNACIONALES
- NORMAS NACIONALES
- NORMAS DEL PRODUCTO
- LABORATORIOS DE NORMALIZACION
- REGLAMENTOS
- NORMAS DE CALIDAD
- VENTAJAS DE LAS NORMAS Y REGLAMENTOS

1.3 ELEMENTOS DE UNA INSTALACION ELECTRICA

- CONDUCTORES
- COMO ELEGIR UN AISLANTE
- COMO SELECCIONAR UN CALIBRE
- ARTICULOS
- ACCESORIOS MECANICOS

CAPITULO 2 CONCEPTOS BASICOS DE ELECTRICIDAD, MAGNETISMO E ILUMINACION

2.1. ELECTRICIDAD

- ELECTROSTATICA
- LEY DE COULOMB
- CAMPO ELECTRICO
- DIFERENCIA DE POTENCIAL
- RESISTENCIA Y TIPOS DE ARREGLOS (LEYES DE KIRCHHOFF)
- CORRIENTE ELECTRICA
- LEY DE HOM
- ENERGIA ELECTRICA
- CAPACITANCIA

2.2. MAGNETISMO

- FUERZA ELECTROMOTRIZ (F.E.M.):
- INDUCTANCIA
- IMPEDANCIA
- GENERADORES

2.3. ILUMINACION

- ILUMINACION
- LUX
- CANDELA
- LUMEN
- FLUJO LUMINOSO
- INTENSIDAD LUMINOSA
- REFLEXION
- REFRACCION

CAPITULO 3 PROYECTO DEL TALLER DE INYECCION DE PLASTICOS

3.1 PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

3.2 PLANO DE DISTRIBUCION

- AREA FISICA
- AREA DE LAS MAQUINAS
- CALCULO DE CONDUCTORES
- DIAGRAMA UNIFILAR

CAPITULO 4 ILUMINACION

4.1 CALCULO DEL NUMERO DE LUMINARIOS Y DISTRIBUCION

- POR EL METODO DE LUMMEN Y POR EL METODO DE PUNTO POR PUNTO

4.2 CENTRO DE CARGA PARA ILUMINACION

4.3 CALCULO DE LOS CONDUCTORES

4.4 DISTRIBUCION DE LUMINARIOS

4.5 DIAGRAMA UNIFILAR

CONCLUSION

BIBLIOGRAFIA

Introducción

La electricidad es una de las fuentes energéticas de consumo más importante en nuestra sociedad ya que nos permite usarla de tal forma que podemos hacer nuestra vida mas cómoda y fácil. La electricidad en la industria es normalmente considerada como lo más indispensable para la producción de cualquier índole ya que con esta se mueven prácticamente todos los elementos capaces de transformar la materia prima en producto terminado con el control total de esta tendríamos una operación satisfactoria de los elementos instalados en el proceso de producción. Sin embargo es bien conocido que cualquier elemento mal controlado ocasiona perdidas para la empresa en un tiempo considerable mente corto de acuerdo a las perdidas.

La energía eléctrica es sin duda uno de los símbolos del progreso, y difícilmente nos imaginamos que se pudiera vivir ya sin electricidad. Ya que esta presente en todo lo que nos rodea, desde la casa hasta el trabajo, incluyendo los propios medios de transporte, se usa ampliamente en todos los países del mundo, y aunque es relativamente muy bajo el número de accidentes que se reportan considerando la gran cantidad de gente que hace uso de ella, la electricidad tiene un peligro notable: Es algo que no puede verse. Podemos ponernos en peligro tocando un cable cargado de energía, sin darnos cuenta previa de ello, igual que podríamos recibir una dosis mortal de radiación sin saberlo.

Es por ello que desde el siglo pasado aun antes de que existieran los primeros organismos mundiales de normalización, ya había normas para el uso de la electricidad que sin duda podía ser peligrosa. Y el uso continuo y extendido de la misma complica aun mas la situación, pues una avería puede tener repercusiones a kilómetros de distancia. Si un cable de alta tensión se suelta y toca un cable de baja toda la red de distribución de baja puede verse sometida transitoriamente a una situación realmente peligrosa y nadie podrá saberlo a menos que tenga un voltímetro o algún otro indicador conectado permanentemente a la línea.

La energía eléctrica es la fuente de energía moderna, y también la del futuro. Su uso no hará mas que crecer, y esto en parte por la dificultad (y riesgo), de manejar combustibles, por el agotamiento progresivo del petróleo (cuyas reservas pueden estar próximas a terminarse en el próximo siglo), y también por el alto rendimiento de la electricidad. En un motor eléctrico se habla del 90% como mínimo, frente a rendimientos de casi el 30% en un motor de gasolina. En cambio la iluminación eléctrica es altamente ineficiente: un tubo fluorescente tiene un rendimiento de casi 20% y un foco incandescente el 3%.

El principal propósito de esta tesis es contribuir a la formación profesional de los estudiantes de ingeniería que quieran conocer un poco más acerca de las instalaciones eléctricas y la iluminación y sus aplicaciones de una forma fácil dinámica y como un texto de ayuda en los programas de enseñanza industrial ya que serán los responsables directos de la seguridad de la instalación eléctrica, de su trabajo eficiente depende la continuidad y seguridad de las instalaciones, y de su conocimiento amplio de las técnicas y artículos modernos dependerá también la comodidad con la que podamos usar la energía y el costo de la misma. Hoy el costo de la energía es un factor muy importante en las instalaciones y esto se debe prever tanto en el diseño como en la instalación.

Por esta razón es importante promover una cultura del uso eficiente y racional de la electricidad y de componentes eléctricos, cimentada en la participación responsable y comprometida, ya que esto es una tarea que compete a todos los sectores. Y de manera muy cercana al educativo que entre sus propósitos menciona la importancia de desarrollar en los alumnos de ingeniería con valores y conductas para la conservación del medio ambiente y sus recursos naturales ya que en un futuro cercano ellos serán los encargados del problema de la escasez del equipo y de los recursos.

En cierta forma el control del equipo eléctrico representa una gran parte del control de la producción ya que los dispositivos eléctricos pueden evitar que los trabajos repetitivos, los peligrosos y los de precisión sean ejecutados por el hombre.

De esta manera una adecuada instalación eléctrica tendrá un alto grado de seguridad para el operario con adecuado sistema de tierras y protecciones ya que la protección del ser humano es lo más importante para cualquier industria o proceso.

Ya que el trabajo de la electricidad está considerado dentro de los trabajos de alto riesgo debido al manejo de altas y medianas tensiones así como las alturas a las que generalmente se trabaja la electricidad con un promedio de 3 metros si a esto se suma el descuido humano por una mala instalación el resultado puede ser un trabajo de alto riesgo y de ahí la importancia de una buena instalación y una responsabilidad del ingeniero del proyecto.

CAPITULO 1

SEGURIDAD

1.1. RIESGOS DE LA CORRIENTE ELECTRICA

Los riesgos típicos de la instalación eléctrica son la electrocución y los incendios, la primera se produce casi siempre al manipular la red o sus componentes o con menor frecuencia al usar un aparato electrodoméstico o eléctrico industrial. Los incendios son cada vez menos frecuentes; para que la red eléctrica produzca un incendio se tienen que dar muchas circunstancias de descuido y de violaciones de normas. Sin embargo en muchos países del mundo siguen produciéndose incendios que se atribuyen a causas eléctricas. Solo en Europa puede afirmarse que este tipo de accidentes ha sido casi totalmente erradicado.

ELECTROCUCION

El accidente eléctrico (choque eléctrico) es perfectamente evitable. Existen hoy en día dispositivos de seguridad y técnicas que garantizan casi al 100% la posibilidad de evitar este tipo de accidentes. Sin duda que el costo de la instalación segura es mayor que el de una instalación llena de riesgos, pero hay que pensar que el costo de toda la instalación eléctrica es casi siempre menos de 5% del costo de cualquier construcción, y surge la pregunta si vale la pena ahorrar en algo que pone en riesgo la vida de nuestras familias.....

En diferentes países Europeos se puede comprobar que la cifra de accidentes mortales (por choque eléctrico) es relativamente baja pero aun excesiva en algunos países sobre todo en los países subdesarrollados. Claro que el número total de accidentes hay que relacionarlo con la población de cada país encontrando el numero de muertes por millón de habitantes.

Sin embargo hay que tener en cuenta que el uso de la electricidad es cada vez mayor y esto ira agravándolos problemas en el futuro, no es lo mismo controlar una nave industrial de 10 motores 50 lamparas 20 tomas de corriente y 10 focos a una que tenga decenas de motores 500 lamparas. Cuanto mas crece la instalación mas crece el riesgo.

NIVELES PELIGROSOS DE CORRIENTE

El primer peligro que debe analizarse es desde luego el de la muerte. Una vez analizado ese riesgo podemos pensar en evitar también los toques que a menudo se reciben inadvertidamente al tocar un aparato eléctrico o incluso al rozar una parte metálica de la construcción.

Cuando se analiza la causa de una muerte por choque eléctrico vemos que la muerte se produce por efecto de la corriente que circula por la persona, que no es lo mismo que decir, la corriente que circula por el cable. Se puede tocar un cable por el que circulan 5,000 amperes y no pasarnos nada; el cable esta tal vez aislado o la tensión es tan pequeña que los 5,000 amperes siguen pasando por el cable y no circula corriente alguna por nosotros. en cambio si tocamos un cable por el que circulan 50 milésimas de ampere (0.05A), y las condiciones son tales que esa corriente se desvía toda a tierra por medio de nuestro cuerpo puede ocurrir un accidente, que podría ser incluso paro cardiaco.

La duración del contacto es tan importante como la magnitud de la corriente. Por regla general se suele decir que a determinados niveles de corriente se producen ciertos efectos:

- Parálisis muscular (50 MA)
- Paro respiratorio (de 50 a 100 MA)
- Quemaduras (también por chispa)
- Paro cardiaco (entre 50 y 200 MA)
- Muerte (desde 50 MA)

Sin embargo el tiempo que dura el contacto es también muy importante. Si la corriente que circula se interrumpe pronto (en una décima de segundo por ejemplo), es posible que circulen 100 MA (0.1 A), sin que la persona sufra daño alguno. En cambio si esa corriente dura mas tiempo los efectos pueden ser incluso graves.

Por esta razón no se debe trabajar con tensión en una red eléctrica, pero en ocasiones cuando se hace la prueba o la instalación esta totalmente terminada se puede tocar un cable sin darse cuenta y el no traer botas aislantes resultaría muy peligroso, es muy importante tratar de utilizar siempre la mano derecha en vez de la izquierda (para que la corriente no pase cerca del corazón). Por esta razón es que las normas internacionales cuidan mucho as instalaciones eléctricas, en baños, duchas, saunas, albercas y generalmente donde la gente esta desnuda (sin ninguna posible protección aislante), y existe agua.

TENSION PELIGROSA

Puesto que todo se maneja por tensiones, y no por corrientes seria muy bueno poder fijar que niveles de tensión son peligrosos y cuales no, ¿se puede tocar una tensión de 24 volts sin peligro? Como se acaba de ver es muy difícil establecer estos niveles de seguridad porque según la resistencia que tenga la persona y según la velocidad con que reaccione eventualmente un dispositivo de protección (para interrumpir la corriente en menos de un segundo)se pueden soportar tensiones de hasta miles de volts por contactos de resistencias de retorno elevadas.

Sin embargo para diseñar instalaciones o normas de seguridad no podemos tomar como base las corrientes letales, ni se puede calcular un promedio. Por esta razón para el diseño de una instalación se consideran casos extremos y se calcula el contacto accidental suponiendo resistencias de contacto de retorno casi nulas

$$I = \frac{\text{Tensión de seguridad}}{1,500 \text{ Ohm}}$$

En estas condiciones la tensión de seguridad sería de 15 volts y en esas condiciones se podría asegurar que cualquier persona puede tocar esa tensión sin ningún riesgo durante un tiempo considerado, sin embargo existen algunas personas en el mundo que tienen resistencias menores a 1,500 Ohms estas personas podrían experimentar una sacudida eléctrica o bien tener un accidente grave con tensiones hasta de 4.5 volts. En la vida real nosotros experimentamos descargas electrostáticas muy elevadas pero con un tiempo muy corto de duración (descarga electrostática de una alfombra).

Usualmente se toma como tensión de seguridad 24 volts, lo que en ciertos casos podría dejar pasar corrientes de 20 mA y provocar algún accidente menor. Sin embargo, incluso con tensiones de 50 volts se permiten ciertas normas efectuar instalaciones no protegidas, ya que la inmensa mayoría de la gente puede soportar perfectamente ese contacto en caso de accidente.

En ningún caso se puede pensar en tensiones mayores de 50 volts como líneas de seguridad que puedan dejarse descubiertas o que puedan instalarse en lugares mojados. De cualquier modo nosotros no necesitamos hacer estos cálculos ya que bastara con respetar las normas vigentes, en las que claramente se indica que tensiones pueden considerarse de seguridad y cuales no. En México se maneja una tensión de seguridad de 32 volts según la norma oficial Mexicana.

También al calcular protecciones, habrá que dimensionar fusibles y termomagnéticos de modo que nunca se permitan tensiones residuales de más de 50 volts. Entonces un aparato electrodoméstico o un motor tienen una fuga a tierra, y deberá cuidarse que nunca se mantenga el circuito con más de 50 volt entre chasis del aparato y una tierra directa, como la que podría hacer una persona en contacto con el (Tensión residual de contacto).

INCENDIO Y QUEMADURAS

El incendio es más fácil de evitar que el choque eléctrico. Para que se produzca se requiere de un fallo de la instalación, sostenida durante el tiempo necesario para que la temperatura alcance niveles de combustión, más la presencia de elementos combustibles y del aire que permita su combustión.

El respeto a las normas internacionales de seguridad asegura prácticamente la inexistencia de incendios y ayuda a disminuir mucho el riesgo de choques eléctricos mortales.

Diferente es el caso de las quemaduras, que pueden producirse al tocar un elemento caliente de la instalación o al recibir un chispazo en el momento de conectar o desconectar equipo eléctrico.

INCENDIOS

para que haya un incendio el cable o la parte que está fallando, debe calentarse hasta que el aislante se destruya, lo cual toma tiempo considerablemente alto, además debe haber algo combustible cerca. Los aislantes usados hoy en día en los cables (excepto en los muy malos), no solamente no propagan la llama sino que ni siquiera producen humos tóxicos. Se necesitan

pues muchas condiciones desfavorables para que la electricidad genere un incendio: tiempo, combustibles y lo mas importante, **FALTA TOTAL DE RESPETO A LAS NORMAS.**

En efecto los cables deben estar protegidos con fusibles o interruptores termomagnéticos adecuados. Si el cable se calienta es porque esta circulando mas corriente de la que debería pasar, y el fusible debe actuar (a menos que este fuera mucho mayor que el indicado en un correcto diseño). No seria inteligente ahorrarse el interruptor termomagnético o el fusible con la idea de colocar un cable muy sobrado ya que ese cable puede también quemarse y si el usuario descubre que el circuito esta muy sobrado ya le irá añadiendo carga hasta que se produzca la falla. Y mientras tanto se ha gastado una buena cantidad de dinero en cable de calibre excesivo y hemos complicado terriblemente la instalación eléctrica ya que es mas difícil manejar cables de mas alto calibre. Y desde luego que la instalación debe estar bien calculada además de bien realizada para que sea 100% segura.

QUEMADURAS

Mucho mas frecuente es el caso de las quemaduras, que pueden producirse al tocar una parte caliente o al recibir una chispa en una desconexión. Las partes que mas fácilmente se calientan son desde luego las uniones, donde existe una resistencia de contacto: Empalmes mal hechos (o deteriorados por el tiempo y la humedad o la sal), tomas de corriente de baja calidad mal usadas o mal dimensionadas y seccionadores (cuchillas, apagadores etc.).

Los usuarios pueden verse expuestos a este peligro al arrancar una toma de corriente mal diseñada (las que están correctamente fabricadas no sacan la chispa fuera de la toma), al accionar unas cuchillas con la tapa abierta, además de que la chispa queda a la altura de los ojos, lo que complica el problema.

En cualquier caso el problema se evita fácilmente usando elementos adecuados (empalmes por tabilla, cuchillas por bloqueo de abertura de tapa, tomas de corriente de seguridad etc.).

MEDIDAS DE SEGURIDAD

Para los trabajadores que están en contacto continuo con la electricidad hay varias normas de seguridad que deben respetarse siempre, sin importar cuantos años de practica se tenga. En efecto, si hablamos como si fuera un juego de azar donde puede que toque o no toque el accidente hay que pensar que si llevamos mucho tiempo trabajando sin accidentes estamos en condiciones mejores de que Ya nos toque.

Esas medidas de seguridad incluyen desde luego el manejo de herramienta adecuada, con mango aislado, calzado aislante, método de trabajo muy ordenado y limpio, responsabilidad total en el trabajo, asegurarse de que el circuito este libre de tensión, no trabajar en lugares mojados etc.

Pero también hay que pensar en los usuarios. Ellos van a estar siempre cerca de la instalación y pueden sufrir las consecuencias de un cable suelto, un articulo que se desprende de su chasis, etc. No podemos limitarnos a cancelar circuitos aislados en la punta del cable vivo con cinta y escondiéndolo en la pared, hay que buscar la conexión por donde el cable recibe la

tensión y desconectarlo allí de modo que el cable quede totalmente libre de tensión (si por algún motivo no se puede sencillamente eliminar el cable solamente quitándolo). Hay que pensar también en las situaciones que puedan presentarse en el futuro ya sea en forma normal o por accidente, y sobretodo en los niños cuando se trata de casas habitación o lugares destinados a ellos. Las tomas de corriente a nivel de piso, por ejemplo son un peligro constante para niños pequeños si no existe alguna protección especial. El uso de extensiones, así como es una solución rápida al problema también plantea riesgos mayores de una instalación bien hecha. Hay que plantear que los usuarios no saben nada de electricidad en la mayoría de los casos. se podría pensar que un cable de calibre 18 es suficiente para alimentar un foco de 100 w que es la única carga; sin embargo diez años después la instalación sigue allí y su nuevo propietario puede tener la idea de cambiar el foco por un candil de 1000 w de carga o usar algún aparato ingenioso que tiene foco y toma de corriente la vez, y poner una lavadora de alfombras.....

¡La mejor forma de estar tranquilo es respetando en todo momento las normas y reglamentos de instalaciones eléctricas!

1.2. NORMALIZACIÓN

Las normas y reglamentos sirven para simplificar el trabajo, y para facilitar la comunicación y muchas veces para evitar errores muy costosos.

Es bien importante respetar estas normas, porque de otro modo llegaremos a efectuar trabajos peligrosos simplemente para que el cliente este satisfecho (Momentáneamente), con un costo aparentemente menor. El costo real es mucho mayor, y el mismo cliente se dará cuenta cuando falle la instalación, se produzca un incendio o una persona resulte accidentada. En ese momento perderemos toda la confianza del cliente y el nunca reconocerá que el error se cometió porque el lo pidió para ahorrarse unos pesos....

Las normas refieren básicamente a los productos, especificando que requisitos deben de cumplir estos y los procesos de fabricación usados para que el resultado se pueda vender en el país en cuestión. Cada país tiene sus propias normas, aunque todas ellas son muy parecidas y se inspiran en las normas de I.E.C. organismo internacional encargado de centralizar la normativa eléctrica. Algunas compañías de seguros y algunas empresas tienen además sus propias normas, a nivel mundial o nacional, y así por ejemplo PEMEX exige en sus instalaciones que se usen productos con exigencias superiores a la norma nacional. Algunas compañías de seguros no aceptan asegurar un edificio en el que se usen que no tengan la norma U.L. (Underwriters laboratories), por ejemplo, aun cuando sepamos que los productos que cumplen la norma NOM, por ejemplo, cumplen seguramente también la U.L. de cualquier modo, aunque el producto sea bueno, si no tiene el visto bueno de quien otorga el sello de norma no puede usarse.

Además de las normas también hay reglamentos, que indican en que forma deben usarse los productos que cumplen las normas, en una instalación eléctrica.

NORMAS INTERNACIONALES

Las normas eléctricas a nivel internacional proceden de International Electrotechnical Commission, un organismo al que están afiliados casi todos los países del mundo a través de sus comités nacionales Electrotécnicos. En el caso de México el C.E.M. (Comité Electrotécnico Mexicano), dejó de existir en 1983 cuando empezaron los problemas de presupuesto en el gobierno. A la fecha México no pertenece al I.E.C. aunque sus normas no se diferencian mucho de las que propone ese organismo.

Las recomendaciones de I.E.C. pasan a los comités nacionales, como pueden ser las VDE de Alemania, NOM de México, CEI de Italia etc.

Pero no todas las normas de productos proceden del I.E.C. ya que algunas compañías privadas han desarrollado normas que por algún motivo se han hecho populares. Es el caso por ejemplo de las normas de CALIDAD, que muchos organismos nacionales han definido en su país y a veces han logrado difundir afuera. Como ejemplo están las normas de Lloyds (Inglaterra), U.L. (en U.S.A.), y algunas otras.

Estas normas de calidad no se diferencian mucho de las normas oficiales, y su uso se debe a que las compañías de seguros las exigen (Lloyds), o a que el usuario tiene más confianza en un organismo privado que en el propio gobierno (Caso U.L.), sin embargo la verdad es que estas normas no son muy seguras a nivel internacional: por ejemplo en el caso de U.L. un producto que lleva el sello con esas letras no necesariamente tiene la aprobación de Underwriters Laboratories. Si la marca fuera otorgada por una dependencia estatal se podría multar o tal vez encarcelar incluso a quien usa indebidamente, pero siendo una marca privada la acción legal se convierte en un proceso muy largo y que solo se inicia si U.L. presenta una demanda desde luego que cuando los técnicos de una compañía de seguros que pidan U.L. como requisito encuentren un producto que en realidad no tiene el sello U.L. simplemente no pagará la prima de incendio de lo que sea. Ellos para comprobarlo, buscarán en sus listas el número clave del producto, el cual viene en los artículos que en verdad son U.L. bajo la leyenda.

U.L.
Listened 74568

Por ejemplo. De todos modos. el compromiso con U.L. es que el fabricante del artículo debe mantener la calidad del producto y de su método de fabricación, por lo que eventualmente U.L. puede retirar el sello a un artículo que ya lo tiene y la única forma de estar seguro sería tener la lista actualizada (mensualmente) de las aprobaciones U.L.

NORMAS NACIONALES

NORMAS DE PRODUCTO

Hay países tan fuertes industrialmente que sus propias normas nacionales tienen importancia internacional, como es el caso de Alemania (V.D.E), o de U.S.A (Con las normas U.L. y también las N.E.C., o National Electric Code, que en realidad es un reglamento), las normas nacionales

de producto se complementan siempre con un reglamento de uso, al que están sometido todos los instaladores que operan en el país.

En México las normas elaboradas por los fabricantes y usuarios se someten al comité consultivo nacional de la industria eléctrica (CCONNIE), el cual las turna a la dirección general de normas de CECOFI para su aprobación final. Muchas de las normas eléctricas son obligatorias pero existen también normas opcionales que simplemente se recomiendan para usos específicos o se ponen a disposición de quien las precise verdaderamente en su área (CFE, Pemex, Hospitales, ...).

El C.E.M. formado por personas representantes de universidades, asociaciones cámaras, organismos, empresas estatales y gobierno. Desde luego que esas normas se comparan siempre con las tendencias internacionales. Aun cuando no este operando el C.E.M. de ahí salen las famosas normas NOM, que deben especificar, en materiales eléctricos NOM-J (Números). Las siglas NOM-I o simplemente NOM no garantizan absolutamente nada, ya que solo significan que la empresa fabricante esta posiblemente al corriente en sus notificaciones legales a la secretaria de comercio, sin entrar en detalles de lo que se esta fabricando.

A modo de ejemplo se indican algunas marcas de diferentes países, la presencia de estos símbolos en un producto garantiza que han sido diseñados de acuerdo con las normas nacionales respectivas. La mayoría de ellas especifican pruebas de rutina a las que deben someterse muestras de los productos, pero básicamente no garantizan un proceso de fabricación ni la calidad con que se fabrican. En cambio, en las marcas de certificación de calidad que se indican a continuación, si se esta considerando no solo el diseño sino también (por lo general), el proceso de fabricación y el método con que se da seguimiento a la calidad del producto. En los casos de U.L y del I.M.Q. al menos se toman muestras del producto en puntos de venta para comprobar que se cumplen los requisitos de calidad.

LABORATORIOS PARA NORMALIZACION

Para certificar el cumplimiento de las normas nacionales, los fabricantes se comprometen a realizar a sus productos ciertas pruebas y mediciones, no solo al producto terminado sino también durante el proceso de fabricación, para lo cual tendrán laboratorios equipados adecuadamente, o contrataran los servicios de uno externo. Para facilitar la comunicación entre los laboratorios y también para ofrecer servicios de comparación y calibración de instrumentos, existe en México el SINALP (Sistema nacional de laboratorios de prueba). Dependencia de DGN que se encarga de homologar los laboratorios que lo soliciten. Esta homologación es un certificado de que el laboratorio puede efectuar las comprobaciones que dice y es una garantía de que se respeten las normas NOM.

REGLAMENTOS

La DGN, tiene además un reglamento técnico de instalaciones eléctricas, donde se indica claramente lo que debe hacerse en una instalación. se da por supuesto que el material a usar es exclusivamente aquel que cumple con las normas NOM-J en vigor, pero además indica como efectuar los cálculos de las instalaciones y como realizarlas en la practica. No existe a la fecha sin embargo un organismo que certifique si las instalaciones están correctamente hechas, y esto podría ser causa eventualmente de que un seguro se negara a pagar una indemnización o de que se presentaran demandas legales de difícil resolución.

NORMAS DE CALIDAD

No solamente empresas privadas, sino también algunos gobiernos, otorgan un sello de calidad. Esta es una marca que pueden solicitar los fabricantes para garantizar a la comunidad internacional que su producto está siendo fabricado y controlado rigurosamente, y en México existe para ello el sello oficial de garantía.

En la mayoría de los casos este sello de garantía se prefiere que sea otorgado por un organismo privado, o al menos independiente de gobierno siendo muy popular el sello de U.L. En USA, el de IMQ en Italia, y otros.

VENTAJAS DE LAS NORMAS Y REGLAMENTOS

Aunque algunas veces se dice que las normas solo sirven para complicar las cosas, la verdad es que su intención es totalmente contraria.

El uso de los productos que cumplen con las normas nacionales permite al instalador y/o constructor despreocuparse de muchos aspectos de seguridad y de costo. La competencia tiene que presentar productos similares al cotizar, y por tanto no pueden sorprendernos diciendo que el costo de nuestros artículos es excesivo. No tenemos que cargar con la responsabilidad de provocar un accidente por usar material defectuoso, y no tenemos que investigar cada producto para saber como se conecta. Las normas permiten que casi todos los fabricantes ofrezcan cosas similares, facilitando pues el diseño, cálculo y realización de la instalación. Además es relativamente sencillo sustituir un artículo de una marca por otra diferente aunque siempre existen las peculiaridades de cada marca.

El respeto a los reglamentos de instalación reporta aun más ventajas:

- cualquier instalador calificado puede abordar un trabajo sin mayores explicaciones puesto que todas las instalaciones deben ser similares (colores de cables, formas de derivar circuitos, potencia de circuitos, etc).
- Los cálculos de circuitos deben hacerse de acuerdo a lo que marca el reglamento, de modo que las cotizaciones de un concurso deben ser muy parecidas.
- La seguridad de la instalación está garantizada por el propio reglamento, por lo que no tenemos que andar preocupados por adivinar si existen peligros ocultos.
- La experiencia del trabajo puede usarse en el siguiente y así mejorar continuamente, para ofrecer servicio mejor y a menos costo.

A modo de ejemplo recordemos que el cable de color verde debería usarse para tierras físicas. Si un técnico nuevo llega a una instalación donde encuentra un cable de ese color puede suponer que es tierra y derivar de ahí una conexión para aterrizar un electrodoméstico. Si en esa instalación no se respetaron los reglamentos el trabajo de este técnico será más difícil.

1.3. ELEMENTOS DE UNA INSTALACION ELECTRICA.

En toda instalación es necesario usar componentes, o elementos que podríamos utilizar como sigue:

- Cable o alambre.
- Artículos o aparatos, que a su vez se dividen en elementos de mando (interruptores), de derivación (tomas de corriente o enchufes), de protección (fusibles), seccionamiento (cuchillas), y de señalización (pilotos).
- Accesorios eléctricos (empalmes, registros).
- Accesorios mecánicos (tubería, coples).

Desde luego que todos son importantes. No podemos trabajar con calidad si empleamos tornillos de desecho para fijar una pieza que cuesta una fortuna. En ocasiones se confunden ideas de ahorro y se decide usar un elemento barato que simplemente arruina la instalación.

Sin embargo desde el punto de vista de costo, el cable es sin duda lo más caro.

CONDUCTORES

El precio del cable o alambre esta relacionado con su calibre y también con el aislante usado. A veces se piensa que estamos haciendo un buen trabajo porque se elige un calibre de cable muy grande, aunque la verdad es que para poder mantener el costo se ha comprado un cable de mala calidad y con pésimo aislante en vez de usar un calibre menor de un fabricante más caro. El aislante es tan importante como el calibre. De su calidad dependerá el comportamiento de la instalación durante un incendio (humos tóxicos, etc), su duración total en el tiempo (hay instalaciones que ya tienen más de 50 años), su resistencia a humedad infiltrada, a vapores corrosivos (en ciertos ambientes industriales), a temperaturas extremas.....

Además el aislante una vez hecha la instalación no se ve normalmente ni se acostumbra sacar un trozo de cable de la pared para inspeccionar su estado. Si la pared por donde pasa la tubería esta junto a un horno de pan y la temperatura daña el aislante poco a poco solo notaremos el día que haya un corto circuito dentro de la tubería...Si se produce un aumento desmesurado de la carga en una instalación cuando se sobrepasa el límite del calibre del cable empezaremos a tener problemas (caídas de tensión que podrían detectarse antes de que le pase nada al cable. Si el cable esta protegido adecuadamente con un fusible o con un termomagnético lo notaremos inmediatamente, y el cable seguirá intacto no así con el aislante. Sin embargo, la opinión general es que deben instalarse calibres de cables muy sobrados, aunque no se les pongan protecciones, y que poco importa, en cambio si el aislante es o no adecuado. Otras veces por el contrario se usa cable caro, para garantizar calidad, sin pararse a ver si el costo esta relacionado con el calibre, con el aislante o con la flexibilidad.

Así se pueden ver aislantes anti-incendio (como el vinamel 2000) un tablero de control electrónico donde de cualquier modo un incendio provocara humo muy tóxico por los componentes electrónicos usados., cable ultraflexible (muy caro pero imprescindible para grúas y otras aplicaciones) con aislante apenas retardante de llamas usado en instalaciones entubadas., y muchos otros errores que comprometen la seguridad de la instalación y además la encarecen.

COMO ELEGIR UN AISLANTE

La selección del aislante, como el calculo de los calibres, debe hacerla un ingeniero capacitado, y no es asunto que puede tomarse a la ligera. Desde luego que hay algunas consideraciones generales que todos debemos conocer:

- En instalaciones domesticas e industriales es preferible usar siempre aislantes que en caso de incendio no produzcan humos tóxicos. Si el costo es inaccesible podemos pensar en cables (o alambres) que produzcan poco humo, y al menos deberán ser aislantes retardantes al fuego.
- El aislante debe ser adecuado a la temperatura que se espera en el lugar .Hay aislantes de alta temperatura y la idea es usarla e lugares expuestos a calor por efectos de hornos, resistencias, sol directo, etc.
- Sería muy imprudente usar cable de poco calibre que se calentará durante el uso y resolver problemas con un aislante que soportara esas temperaturas. La solución a un calentamiento no es enfriar, sino evitar que se siga produciendo calor....

COMO SELECCIONAR EL CALIBRE.

Para calcular el calibre hay que empezar estimando la carga, lo cual es fácil en un punto de luz, pero más difícil en una toma de corriente. El reglamento de instalaciones eléctricas puede ser de gran ayuda aunque el actual esta enfocado a garantizar la seguridad aumentando calibres y entre otras cosas recomienda que se usen calibres superiores a 14-AWG, y que se usen calibres 12 en toma de corriente para casas habitación, un poco exagerado teniendo en cuenta la corriente mínima de esos calibres (ver tabla).

De cualquier modo los reglamentos deben cumplirse y también sus indicaciones de calculo con las que el ingeniero diseñara su instalación procurando entre otras cosas que los conductores no se calienten nunca (calor es sinónimo de dinero perdido y de ataque lento pero continuo al aislante) y que todo circuito tenga un calibre sobrado, para aceptar que en el futuro las posibles ampliaciones de carga.

Los calibres deberían medirse en mm² ya que México es un país métrico (Ley Federal de Metrología). Sin embargo al igual que las presiones de llantas se miden en libras, los calibres se expresan siempre en AWG. Y no hay otra solución que usar esos calibres aunque en algunos casos supongan un desperdicio de capacidad. Así por ejemplo para garantizar 10A con los alambres TW de uso generalizado habrá que usar un calibre 14, con el que estamos ofreciendo 15A, por no haber otra medida intermedia.

En la tabla adjunta se indican los calibres AWG y sus equivalencias en sistema métrico añadiéndose los valores normalizados europeos en mm² para efectos de comparación.

CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE EN AMPERES DE CONDUCTORES AISLADOS DE 0 A 200 VOLTS Y A TEMPERATURA AMBIENTE 30°C CABLES TW		
CALIBRES AWG	AREA Ø .mm ²	CORRIENTES I (max.)
16	1.307	-- A
14	2.082	15 A
12	3.307	20 A
10	5.260	30 A
8	8.367	40 A
6	13.30	55 A
4	21.15	70 A
2	33.62	95 A
1	42.41	110 A
1/0	53.48	125 A

Sobre el punto de si conviene usar alambre o cable, en general se prefiere el cable, por la ventaja de su flexibilidad, especialmente cuando tenemos que meter muchos conductores en un mismo ducto. Sin embargo en muchos casos se obtiene un ahorro usando alambre, el cual originalmente se fabrica para el alambrado de tableros de control con la idea de facilitar la estética.

ARTICULOS

Los artículos son la parte mas visible de la instalación, y son los que, junto con sus accesorios, presentan la vista que el usuario tiene continuamente ante sus ojos. Es por tanto una tarjeta de presentación, no solo del proyectista sino también del instalador que hizo el trabajo. El usuario opinara de la instalación en función de detalles como facilidad de uso (un interruptor situado en lugares inaccesibles; tomas de corriente que quedan detrás de las maquinas; tomas insuficientes, mala distribución de los elementos de control, arrancadores o botones de

emergencia en lugares obstruidos por maquinaria), acabado (una tapa de tablero de control torcida, tableros a diferentes alturas, etc.) o estética general.

La primera preocupación en cuanto a los elementos es la seguridad, desde luego ya que no podemos instalar un arrancador que se caliente o zumbe o saque chispas al momento del arranque del motor o la máquina, o tomas de corriente que no soporten la clavija y esta se caiga, o alumbrado instalado en lugares exageradamente difíciles de cambiar o dar mantenimiento.

La segunda cualidad de la instalación, en cuanto a artículos, de la instalación, debe ser la medida de uso. Desde luego que puede instalarse una base para alumbrado como salida universal, conectando ahí un ladrón que me permita usar simultáneamente la lámpara y la toma de corriente. Sin embargo esto sería incomodo para el usuario, y será preferible poner una toma de corriente separada. Aun mas es preferible poner dos o tres tomas de corriente juntas en de que el usuario tenga que interponer una toma aérea múltiple para conectar sus motores monofasicos o aparatos (taladros, pulidoras etc.). existen lugares donde de antemano ya se sabe que se conectaran varios aparatos y estos también se deben contemplar en el inicio del proyecto, se debe considerar la cantidad de circuitos para el alumbrado ya que es mejor tener solo una cantidad considerable de luminarios prendida para que el usuario pueda ahorrar un poco de energía al prender solamente los luminarios requeridos.

SECCIONADORES:

Para poder separar un circuito, por mantenimiento por ejemplo, del resto de la instalación, se recomiendan interruptores de seguridad.

REGISTROS:

Aunque en México no se acostumbra, las instalaciones resultan mas fáciles de mantener cuando se disponen registros para uniones de circuitos, en lugar de usar para empalmes las propias cajas de empotrar y los puntos de luz. La verdad es que resulta un poco mas caro, pero se aprecia mucho cuando se trata de modificar algo posteriormente (Como cargas futuras, tomadas en cuenta desde el diseño del proyecto).

EMPALMES:

Es tradicional hacer los empalmes con cinta aislante, retorciendo de forma mas o menos afortunada los cables (o alambres), a unir, en el caso de alambre estos empalmes nunca quedan demasiado bien, y las técnicas de unión llevan nombres sospechosos (como el amarre de cola de cochino), que recuerdan claramente la calidad resultante. En zonas húmedas la corrosión hará que cualquier empalme empiece pronto a calentarse, deteriorándose aun mas por consiguiente hasta llegar a una situación critica. La recomendación sería usar siempre tablillas de empalme, combinadas con registros de empalmes (cuadradas), o elementos aéreos de empalme, de los que se recubren con un plástico retráctil, limitando al mínimo el uso de las cintas aislantes, en especial cuando son de baja calidad.

CUADROS DE DISTRIBUCION:

Algunos cuadros son de una estética tan dudosa que hay que esconderlos en algún subterráneo. Las pastillas de protección deben ser sin embargo de fácil acceso. La estética puede resolverse usando tableros empotrables, que existen en el mercado con una gran variedad de modelos y marcas. Los termomagnéticos deben calcularse de manera que protejan los cables de salida conectados a ellos. Desde luego eso no garantiza que estén protegidos los cables de menor calibre en que estos vayan luego a dividirse, pero para tal función pueden usarse los termomagnéticos adecuados, al menos en los puntos clave de la instalación eléctrica donde podría existir sobrecarga con más facilidad.

ACCESORIOS MECANICOS

Finalmente la instalación se completará con los accesorios de tipo mecánico, que sin tener tanta responsabilidad como la parte eléctrica que también contribuyen a la presentación durabilidad y aun seguridad de la instalación.

También aquí lo importante no es gastar mucho dinero en ellos, sino hacerlo con lógica, comprando elementos adecuados sin escatimar por su precio. Por ejemplo, el uso de tubería metálica es sin duda una garantía, pero si la tubería ha de estar ahogada en la pared y no se prevé que continuamente se vayan a hacer cambios en la instalación realmente no tiene mucho sentido su uso.

Es recomendable usar la mayoría de elementos del mismo fabricante para poder tener un estándar en cuanto a medidas.

CAPITULO 2

CONCEPTOS BASICOS DE ELECTRICIDAD, MAGNETISMO E ILUMINACION

2.1. ELECTRICIDAD

Electrostática:

A veces, especialmente en tiempo seco, al peinarse con una peineta plástica se ven pequeñas chispas acompañadas de chasquidos; además, el pelo es atraído por la peineta. Lo mismo llega a suceder con las prendas de vestir: al frotarlas también despiden luz y chasquidos.

En un día tormentoso saltan rayos entre las nubes y el suelo acompañados del fuerte ruido y el trueno. Todos estos fenómenos descritos son fenómenos eléctricos.

Ya Tales de Mileto, un griego que vivió 600 años antes de nuestra era, describe que el ámbar (una resina fósil que los fenicios traían de las costas del mar Báltico) frotado es capaz de atraer cuerpos ligeros. Como ámbar en griego se dice electrón, a esta propiedad del ámbar se le llama electricidad. Hasta el año 1600, Guillermo Gilbert (1544-1603) médico inglés, observó que otros materiales tales como el vidrio, azufre, piedras preciosas, etc. eran también "eléctricos", pero que los metales no lo eran. Benjamín Franklin (1706-1790), que tuvo entre otros méritos el de ser el primer físico norteamericano, luego se una serie de experimentos, llamo positiva a la clase de electricidad que aparece en el vidrio y negativa a aquella que ocurre en el plástico;

De los experimentos de Franklin se dedujo que además de existir dos clases de electricidad, las cargas iguales se atraen y opuestas se repelen. La interpretación actual de los cuerpos materiales es que, en su estado normal o neutro, contiene igual cantidad de electricidad positiva y negativa.

Este fenómeno fue interpretado por Franklin introduciendo el principio de conservación de la carga, según el cual cuando un cuerpo es electrizado por otro, la cantidad de electricidad que recibe uno de los cuerpos es igual a la que cede el otro, pero en conjunto no hay producción neta de carga. En términos de cargas positivas y negativas ello significa que la aparición de una carga negativa en el vidrio va acompañada de otra positiva de igual magnitud en la seda o viceversa, de modo que la suma de ambas es cero.

Por otro lado, si una barra metálica, que se sostiene en la mano se frota con piel, no parece adquirir carga alguna. Sin embargo si se le toma con una manilla de madera y el metal no se toca con las manos mientras se frota es posible cargarla. Esto se explica diciendo que los metales, el cuerpo humano, y la tierra son conductores de la electricidad y que el vidrio, los plásticos, la madera, etc. son aislantes o dieléctricos.

De acuerdo a este análisis, los cuerpos están formados por protones (carga positiva), electrones (carga negativa) y neutrones que son partículas sin carga eléctrica. Dos protones se rechazan entre sí, dos electrones se rechazan entre sí, un protón y un electrón se atraen entre sí y los neutrones no ejercen fuerza eléctrica alguna.

La carga eléctrica, al igual que la masa, constituye una propiedad fundamental de la materia. Se manifiesta a través de fuerzas, denominadas estas electrostáticas, que son las responsables de los fenómenos eléctricos. Su influencia en el espacio puede describirse con el auxilio de la noción física de campo eléctrico. El concepto de potencial eléctrico hace posible una descripción alternativa de dicha influencia en términos de energías.

La electrostática forma parte de una rama de la física la cual estudia el comportamiento de la carga eléctrica en la materia, es decir, de la medida de la carga eléctrica o cantidad de electricidad presente en los cuerpos y, en general, de los fenómenos asociados a las cargas eléctricas en reposo.

El desarrollo de la teoría atómica permitió aclarar el origen y la naturaleza de los fenómenos eléctricos; la noción de fluido eléctrico, introducida por Benjamín Franklin para explicar la electricidad, fue precisada a principios de siglo al descubrirse que la materia está compuesta íntimamente de átomos y éstos a su vez por partículas que tienen propiedades eléctricas.

Existen tres formas de poder electrizar un cuerpo. Estas son por frotamiento, por contacto, y por influencia o inducida.

Cuando a un cuerpo se le dota de propiedades eléctricas sacándole o entregándole electrones, se dice que ha sido electrizado. La electrización por frotamiento permitió, a través de unas cuantas experiencias fundamentales y de una interpretación de las mismas cada vez más completa, sentar las bases de lo que se entiende por electrostática.

La carga del electrón (o del protón) constituye el valor mínimo e indivisible de cantidad de electricidad. Es, por tanto, la carga elemental y por ello constituye una unidad natural de cantidad de electricidad. Cualquier otra carga equivaldrá a un número entero de veces la carga del electrón. El coulomb es la unidad de carga eléctrica en el Sistema Internacional y equivale a veces la carga del electrón (e), es decir:

-19

$$1 e = 1 \times 10^{-19} \text{ Coulomb}$$

Por consiguiente, a un conductor que tuviera la carga positiva de un coulomb, le faltarían 6,27 trillones de electrones. Un conductor que tuviera la carga negativa de un coulomb tendría un exceso de 6,27 trillones de electrones. ¡Para la electrostática, el coulomb es una unidad de carga extremadamente grande!

LA LEY DE COULOMB

El físico Francés Charles A. Coulomb (1736-1806) en 1785, por medio de una balanza de torsión inventada por él, logró establecer que entre dos cuerpos cargados eléctricamente se ejercía una fuerza que seguía una ley parecida a la de Newton referente a la ley de gravitación universal, aunque con dos importantes diferencias:

La fuerza eléctrica (o de Coulomb) puede ser repulsiva.

La fuerza eléctrica entre dos cuerpos disminuye si se interpone un tercer cuerpo (lo que no sucede a la fuerza de Newton).

El enunciado de la Ley de Coulomb es el siguiente:

La fuerza que ejercen entre sí dos cuerpos cargados eléctricamente, es directamente proporcional al producto de sus masas eléctricas o cargas, e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia que los separa. Tal fuerza se aplica en los respectivos centros de las cargas y están dirigidas a lo largo de la línea que las une.

Si q_1 y q_2 representan las cargas de cada uno de los cuerpos y r^2 la distancia que los separa, la ley de Coulomb puede ser escrita en la forma:

$$F = K_e \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

K_e es la constante de proporcionalidad, llamada constante electrostática cuyo valor en el SI y en el vacío es 9×10^9 [N/m²·C²] aproximadamente.

La ecuación es válida, como se dijo, en el vacío y cuando la distancia es grande comparada con el tamaño de las cargas, es decir, para partículas puntuales. Si entre las cargas existe otro medio o sustancia, la fuerza electrostática se vuelve menor.

El cociente entre la fuerza en el vacío y la fuerza en otro medio se llama permitividad eléctrica relativa al vacío (ϵ_r) o coeficiente dieléctrico de dicha sustancia, es decir,

$$\epsilon_0 = \frac{F}{F'}$$

Donde F es la fuerza entre las dos cargas colocadas en el vacío y F' la fuerza entre las cargas en el medio.

Medio	ϵ_r
Vacio	1,0000
Aire	1,0005
Aceite	2.5
Mica	6
Vidrio	5-10
Agua	80,4
Titania (Bario)	5000

Permitividades eléctricas relativas de algunos medios

EL CAMPO ELECTRICO

Las cargas eléctricas no necesitan de un medio material para ejercer su influencia sobre otras, de ahí que las fuerzas eléctricas sean denominadas *fuerzas de acción a distancia*. Cuando en la naturaleza se da una situación de este estilo, se recurre a la idea de *campo* para facilitar la descripción en términos físicos de la influencia que uno o más cuerpos ejercen sobre el espacio que les rodea.

Cuando dos cargas están próximas y, por ejemplo, se rechazan, puede imaginarse que cada fuerza aparece instantáneamente en cuanto aparezca la carga que la origina, sin que nada la transmita, o bien puede suponerse que la fuerza es transmitida con cierta velocidad por el espacio que rodea a las cargas: este punto de vista se ha encontrado más acorde con los experimentos que el anterior. La zona del espacio que rodea a una carga es, pues, diferente del espacio normal: a esta zona se le llama campo eléctrico. Las fuerzas entre los cuerpos cargados se considera que son debidas a la interacción mutua de sus campos eléctricos. La velocidad con que se transmite esta interacción es la de la luz (300000 [Km/s]). En general para cuantificar la región del espacio donde está presente un campo eléctrico se utiliza una carga de prueba. Recibe este nombre una carga muy pequeña (para que su propio campo sea muy pequeño) y positiva (por convención). De este modo:

"En una región del espacio existirá un campo eléctrico ξ si la carga de prueba (y también cualquier otra carga) siente una fuerza de origen eléctrico".

Se llama intensidad de campo eléctrico ξ en un punto, al cociente de dividir la fuerza F que recibe la carga de prueba q , cuando la carga se pone en el punto considerado, es decir:

$$\xi = \frac{F}{q}$$

De acuerdo con esta ecuación, también puede decirse que la intensidad del campo eléctrico es igual a la fuerza que recibe la unidad de carga. En el sistema internacional, la unidad de campo eléctrico es el $[N/C]$. La intensidad del campo eléctrico es un vector cuya dirección y sentido son los de la fuerza. El campo puede representarse por las llamadas líneas de fuerzas; estas líneas deben trazarse de acuerdo a las convenciones siguientes:

- La tangente a una línea de fuerza en cualquier punto es la dirección de ξ en ese punto estas salen de una carga positiva y entran en una carga negativas.
- Las líneas de fuerza se dibujan de tal forma que el número de líneas por unidad de área transversal (perpendicular a las líneas) es proporcional a la magnitud de ξ . Cuando las líneas son próximas unas a las otras, ξ y la fuerza F sobre una carga colocada en dicho punto es grande y cuando estas líneas están separadas tanto ξ como F son pequeñas

DIFERENCIA DE POTENCIAL:

Si se mueve una carga de prueba entre dos puntos de un campo eléctrico, en sentido contrario a las líneas de fuerza, habrá que realizar un trabajo para vencer la fuerza que recibe la carga de prueba.

Se llama diferencia de potencial (o de tensión) entre el punto 2 y el 1, al trabajo realizado por un agente externo por unidad de carga para trasladar a esta desde el punto 1 al 2, es decir

$$V_2 - V_1 = \frac{W_{12}}{q}$$

Donde W_{12} es el trabajo realizado por el agente externo para llevar la carga q del punto 1 al punto 2. En el sistema internacional, la unidad de diferencia de potencial es el $[Volts]$ en honor del físico italiano Alejandro Volta (1745-1827). De este modo, entre dos puntos habrá una diferencia de potencial de $1 [Volts]$ cuando hay que realizar un trabajo de, $1 [Volts]$ para llevar una carga de 1 coulomb desde un punto a otro.

Diferencia de potencial. Representa el trabajo por unidad de carga que hay que realizar para trasladar una carga de un punto 1 a un punto 2.

Potencial eléctrico en un punto:

Si al punto 1 se le supone un potencial cero (por ejemplo, en el infinito o en un punto muy alejado de donde se encuentra la carga generadora del campo eléctrico), el potencial del punto 2, o en general de un punto cualquiera, se define como:

El potencial en un punto es el trabajo realizado por un agente externo por unidad de carga para trasladar esta desde el infinito hasta el punto considerado, es decir

$$V = \frac{W}{q}$$

La visualización de cómo varía el potencial de un punto a otro en un campo electrostático se efectúa recurriendo a la noción de *superficie equipotencial* como lugar geométrico de los puntos del campo que se encuentran a igual potencial. Su representación gráfica da lugar a una serie de superficies que, a modo de envolturas sucesivas, rodean al cuerpo cargado cuyo campo se está considerando. Cada una de ellas une todos los puntos de igual potencial. El campo eléctrico queda siempre perpendicular a las superficies equipotenciales apuntando hacia las superficies de menor potencial eléctrico.

Superficies equipotenciales y campo eléctrico para una carga positiva.

De acuerdo con la definición de trabajo $W = F \cdot r$ y recordando que en este caso la fuerza F es la electrostática (no constante), el potencial eléctrico creado por una carga puntual Q a una distancia r de esta es dado por:

$$V_F = K \frac{Q}{r}$$

RESISTENCIA

La resistencia es la propiedad de un objeto o sustancia que hace que se resista u oponga al paso de corriente eléctrica.

La resistencia de un conductor viene determinada por la sustancia que lo compone, conocida como conductividad, por la longitud por la superficie transversal del objeto, así como por la temperatura. A una temperatura dada, la resistencia es proporcional a la longitud del conductor e inversamente proporcional a su conductividad y a la superficie transversal. Generalmente la resistencia de un material aumenta cuando crece la temperatura.

El termino de resistencia también se emplea cuando se obstaculiza el flujo de un fluido o el flujo de calor. El rozamiento crea resistencia al flujo de fluido en una tubería, y el aislamiento proporciona una resistencia térmica que reduce el flujo de calor desde una resistencia térmica que reduce el flujo de calor desde una temperatura mas alta hasta una mas baja.

Normalmente los diseñadores de circuitos eléctricos y electrónicos utilizan el símbolo de:



Para calcular la resistencia de un conductor homogéneo de sección constante se tiene que

$$R = \frac{\rho L}{A}$$

La resistencia es directamente proporcional a la longitud del conductor e inversamente proporcional a su sección transversal. Si el conductor tiene una longitud igual a la unidad y una sección también unitaria, la razón L/A es igual a uno, y la resistencia L y la resistividad ρ son numéricamente iguales. Por lo tanto, la resistividad de una substancia es igual numéricamente a la resistencia de una muestra de longitud y sección iguales a la unidad y entonces se puede definir la resistividad ρ como la razón de la intensidad del campo eléctrico a la intensidad de corriente por la unidad de sección transversal:

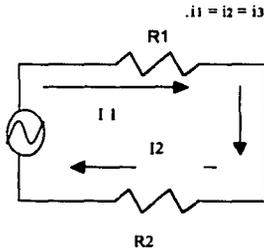
$$\rho = \frac{E}{I/A}$$

CONEXIONES DE RESISTENCIAS:

Un sistema, ya sea conductor, semiconductor o algún otro que presente resistencia al paso de la corriente se llama resistor, el cual se representa por una línea en zigzag (Σ) Existen dos modos en la cual se puede conectar los resistores en serie y paralelo.

i. Conexión en serie:

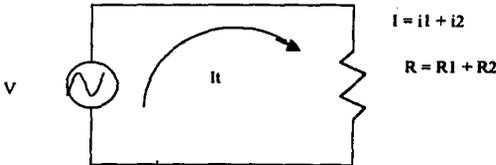
En este caso los resistores se conectan uno a continuación del otro, entonces la intensidad de corriente será la misma en los dos resistores:



El trabajo V para pasar a la unidad de carga q de a a c , será la suma de los trabajos para pasarla, primero de a a b y después de b a c es decir,

Aplicando la ley de ohm:

$$I \cdot R = i_1 \cdot R_1 + i_2 \cdot R_2$$

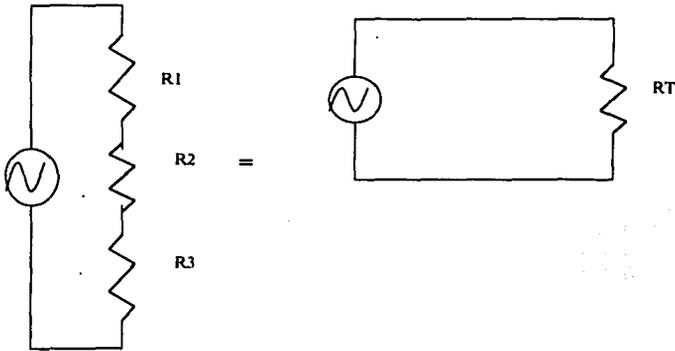


Donde R es la resistencia equivalente (que hace los mismos efectos) de los dos resistores R_1 y R_2 . Como, la ecuación anterior se simplifica y queda finalmente como:

$$R = R_1 \cdot R_2$$

Cuando dos (o más) resistores están en serie, se suman para obtener la resistencia total, es decir:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

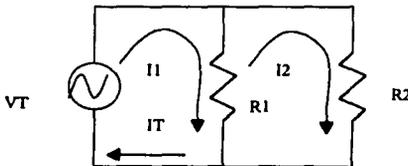


(resistores en serie)

ii. Conexión en paralelo:

En este caso los extremos de los dos resistores se conectan juntos y la corriente se bifurca en un extremo, volviéndose a reunir en el otro. Llamando i a la corriente total e i_1 e i_2 a las corrientes que pasan por cada resistor, se tiene, por el principio de conservación de la corriente eléctrica:

$$i = i_1 + i_2$$

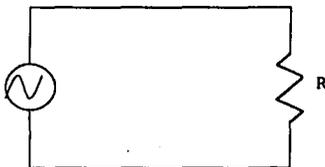
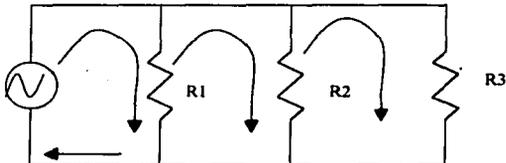


El voltaje que tienen las resistencias R1 y R2 es el voltaje total es decir es el mismo voltaje para cada una de las resistencias que est3n conectadas en paralelo

$$V_T = V_{R1} = V_{R2}$$

Aplicando la ley de Ohm,

$$I = I' = \frac{V_T}{R} = \frac{V_T}{R_1} + \frac{V_T}{R_2} + \frac{V_T}{R_3}$$



siendo R la resistencia equivalente a las resistencias R1, R2 y R3 Como los numeradores son iguales, se tiene finalmente,

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Cuando dos (o m3s) resistores se conectan en paralelo, se suman los valores rec3procos de sus resistencias, para obtener el valor rec3proco de la resistencia total o equivalente. Por lo tanto,

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

O bien para dos resistores en paralelo se puede aplicar la formula:

$$\frac{R1 \cdot R2}{R1 + R2} = RT$$

LEY DE MALLAS EN UN CIRCUITO ELECTRICO:

Además de la primera regla de Kirchoff o ley de los nodos, es posible encontrar otra regla llamada ley o teorema de las mallas. En el circuito representado en la figura, la batería \mathcal{E} es de f.e.m. \mathcal{E} y la resistencia del circuito es R . La fuente de f.e.m. mantiene al terminal superior a un voltaje positivo y a la inferior en uno negativo, lo cual se indica con los signos + y -. En el circuito externo conectado a B los transportadores de carga positiva se moverán en la dirección mostrada por las flechas marcadas con i . En otras palabras, se establecerá una corriente que circula en el mismo sentido que el de las manecillas del reloj.

CORRIENTE ELECTRICA:

La corriente eléctrica se comporta como un fluido, por ejemplo agua que pasa a través de un tubo. Si por cualquier sección de este pasan, digamos 5 [lt] de agua en 1 [s], la misma cantidad pasará por cualquier otro (recuerde que el caudal o gasto Q se conserva). Lo mismo pasa con la corriente eléctrica. Por tanto, la intensidad de corriente en cualquier parte de un conductor es la misma. Volviendo a la analogía hidráulica, si el tubo que lleva 5 [lt] de agua en 1 [s] se bifurca y por un tubo pasan 2 [lt] de agua en 1 [s], por el otro pasarán tres, aplicando el concepto a la corriente eléctrica y generalizando, se tiene la **primera regla de Kirchoff**, **En un nodo, la suma de las intensidades de corrientes que llegan es igual a la suma de las intensidades de las corrientes que salen. Un nodo es el punto donde se encuentran dos o más conductores.**

Si i_1, i_2, i_3, \dots representan las corrientes que llevan a un nodo e i_1, i_2, i_3, \dots las corrientes que salen del nodo:

$$i_1 + i_2 + i_3 = i_T$$

La carga eléctrica es un fluido que aparece en la superficie de los cuerpos cargados eléctricamente y puede ser de tipo negativo o positivo. Un conductor metálico está formado por iones positivos (átomos sin un electrón). Los electrones perdidos por los átomos se mueven desordenadamente saltando de átomo en átomo, uniéndose ocasionalmente y brevemente con algunos de ellos. Estos electrones se denominan libres, los cuales se mueven con velocidades del orden de 10^{-7} [m/s]. La carga neta del conductor es nula, pues existe el mismo número de cargas positivas que de negativas.

Si un conductor se encuentra en un campo eléctrico, tanto los iones positivos como los electrones quedan sometidos a fuerzas que tiende a moverlos; como sólo los electrones libres pueden hacerlo, sólo se moverán en sentido contrario al campo. Al aplicar el campo, los electrones inician su movimiento sin que haya acumulación de electrones en el conductor, de tal manera que en cualquier porción de este el número de iones positivos y de electrones libre es el mismo, por lo que:

Un conductor que lleva una corriente eléctrica no está cargado eléctricamente.

Si el campo aplicado es constante, los electrones en cualquier instante se moverán en el mismo sentido dentro del conductor y la corriente se llama continua (C.C.). Si el campo eléctrico aplicado cambia alternativamente de sentido dentro del conductor la corriente se llama alterna (C.A.).

En un conductor metálico, un alambre por ejemplo, los electrones se mueven y las cargas positivas, unidas a los átomos, permanecen ancladas en su lugar. En los fluidos, la corriente puede estar formada por iones positivos y negativos moviéndose en sentido opuesto. Se ha convenido que el sentido de la corriente eléctrica sea el de las cargas o iones positivos. En un alambre, por tanto, la corriente eléctrica será contraria al sentido de la velocidad de los electrones, llamada electrónica.

Cuando pasa una corriente eléctrica por un conductor se producen, principalmente, tres fenómenos o efectos:

- La temperatura del conductor aumenta, comunicando calor a sus alrededores.
- El conductor se rodea de un campo magnético y ejerce fuerzas sobre otras corrientes o sobre imanes.
- La corriente, al atravesar ciertas sustancias o fluidos, las descompone químicamente (proceso de electrólisis).

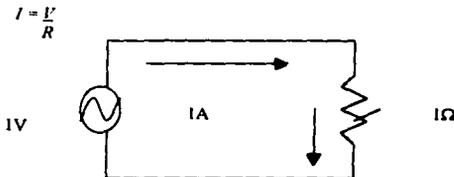
LEY DE OHM:

Siguiendo la analogía hidráulica, para que por un tubo que une dos depósitos de agua pase una corriente de agua, es preciso que haya una diferencia de niveles entre el agua de los depósitos. Cuando mayor sea la diferencia de niveles pasarán más litros de agua por segundo y cuando mayor sea la oposición que presente el tubo al paso del agua (porque sea rugoso, largo o estrecho) menos agua podrá pasar. En cada sección del tubo pasa el mismo número de litros de agua por segundo, pues de no ser así, habría acumulación de pérdida de agua, lo que no puede ser, ya que el agua es un fluido incompresible.

Análogamente, para que pase una corriente por el alambre que une a dos conductores, es preciso que haya una diferencia de potencial V entre ellos. Cuanto mayor sea la diferencial de potencial, pasarán más Coulomb por segundo (corriente i) y cuanto mayor sea la oposición o resistencia R al paso de la corriente eléctrica (por la naturaleza, largo o diámetro del alambre), menos corriente podrá pasar. Además como ya se dijo, en cada sección del alambre la intensidad de corriente es la misma, puesto que se comporta como un fluido incompresible. De este modo:

La intensidad de la corriente que pasa por un conductor es directamente proporcional a la diferencia de potencial V aplicado entre sus extremos e inversamente proporcional a la resistencia R del conductor.

Esta ley, enunciada por el físico alemán Jorge Simón Ohm (1787-1854) puede ser escrita en la forma:



De este modo, un conductor tiene una resistencia eléctrica de 1 ohm (1Ω) si al aplicarle una diferencia de potencial de un volt, deja pasar una corriente de un ampare.

ENERGIA ELECTRICA:

Recordando que la diferencia de potencial V entre dos puntos es $V = W/q$ y que la potencia es $P = W/t$, la cual representa el trabajo en la unidad de tiempo o energía eléctrica en la unidad de tiempo, esta podrá ser escrita como

$$P = \frac{qV}{t}$$

Como q/t es la corriente eléctrica i , la expresión anterior puede ser escrita como:

$$P = V \cdot i$$

Por otro lado, usando la ley de ohm, se encuentra,

$$P = i^2 \cdot R = \frac{V^2}{R}$$

Cuando un coulomb pasa a través de un conductor, consume una energía igual a la diferencia de potencial aplicada. La pregunta es, ¿qué le pasa a esta energía?. Si no hay un motor o algún otro aprovechamiento de la energía, ésta se convierte en calor. por lo tanto la expresión anterior ($P = i^2 \cdot R$) podrá anotarse como:

$$\frac{Q}{t} = i^2 \cdot R$$

donde Q es el calor (en Joule) disipado por el conductor. De esta forma,

El calor que se obtiene de un conductor en la unidad de tiempo, es directamente proporcional al cuadrado de la intensidad de corriente que circula sobre él. Esto identifica la llamada ley de Joule.

Aunque el calentamiento de un conductor es a veces indeseable, tiene aplicaciones útiles siendo la más importante, las parrillas, radiadores, planchas, estufas eléctricas; las ampollitas, cuyo filamento eleva tanto su temperatura que su incandescencia es tal que sirve para el alumbrado, etc.

El efecto calorífico, también llamado efecto Joule, puede ser explicado a partir del mecanismo de conducción de los electrones en un metal. La energía disipada en los choques internos

aumenta la agitación térmica del material, lo que da lugar a un aumento de la temperatura y a la consiguiente producción de calor. La ley de Joule, por su parte, puede ser enfocada como una consecuencia de la interpretación energética de la ley de Ohm.

CAPACITANCIA:

Cuando a dos vasos diferentes se les agrega agua, almacena más el que tiene mayor capacidad. Análogamente cuando dos conductores diferentes reciben una carga eléctrica, la carga almacenada será mayor en el de mayor capacidad eléctrica o capacitancia, es decir, *La capacitancia de un conductor es la medida de su capacidad eléctrica.*

Si se tienen dos vasos cilíndricos iguales el nivel que alcance el agua será directamente proporcional al volumen agregado. En forma similar:

El potencial que adquiere un conductor, es directamente proporcional a la carga que recibe.

Si se tienen dos vasos cilíndricos de distinta capacidad el nivel al que sube el mismo volumen de agua agregado, será inversamente proporcional a la capacidad del vaso. En la misma forma: *El potencial que adquiere un conductor es inversamente proporcional a su capacitancia.*

De este modo reuniendo los dos enunciados anteriores:

El potencial que adquiere un conductor es directamente proporcional a la carga que recibe, e inversamente proporcional a su capacitancia.

La ecuación correspondiente se escribe:

$$V = \frac{q}{C}$$

$$C = \frac{q}{V}$$

Siendo C su capacitancia, la cual depende de las propiedades geométricas que presente el conductor. La unidad de capacitancia es el coulomb sobre volt [C/V] que se abrevia como farad [F] en honor al físico inglés Miguel Faraday (1791-1867). De este modo, un conductor tiene un farad de capacitancia, si al recibir la carga de un coulomb, su diferencia de potencial aumenta en un volt.

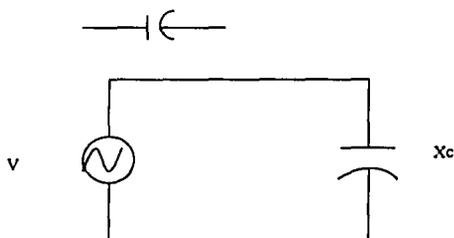
Al introducir un capacitor o condensador en un circuito de corriente alterna, las placas se cargan y la corriente eléctrica disminuye a cero. Por lo tanto, el capacitor se comporta como una resistencia aparente. Pero, en virtud que está conectado a una FEM alterna se observa que a medida que la frecuencia de la corriente aumenta, el efecto de resistencia del capacitor disminuye.

Como el capacitor se diferencia de una resistencia pura por su capacidad para almacenar cargas, al efecto que produce de reducir la corriente se le da el nombre de reactancia capacitiva (X_c) el valor de ésta, en un capacitor varía de manera inversamente proporcional a la frecuencia de la corriente alterna la expresión matemática es:

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C} = \frac{1}{\omega C}$$

Donde X_c = reactancia capacitiva expresada en ohms(Ω)
 f = frecuencia de la corriente alterna medida en ciclos /segundo (Hertz)
 C = capacitancia en farads

Y su símbolo es



La reactancia capacitiva (X_c) es la propiedad que tiene un capacitor de reducir la corriente en un circuito de corriente alterna. Como la corriente en un circuito capacitivo aumenta a medida que es mayor la frecuencia de la corriente alterna se observa que la reactancia capacitiva (X_c) actúa en forma inversa a la reactancia inductiva (X_L) toda vez que la corriente en un circuito inductivo disminuye a medida que es mayor la frecuencia. A la diferencia entre $X_c - X_L$ se le da simplemente el nombre de reactancia (X) y se expresa como:

$$X = X_L - X_c$$

Un capacitor desfasa la corriente 90° eléctricos con respecto a la tensión (la corriente se adelanta a la tensión)

2.2. MAGNETISMO

FUERZA ELECTROMOTRIZ (F.E.M.):

La fuerza electromotriz es la magnitud que caracteriza el comportamiento del generador en un circuito eléctrico. En el caso de una bomba hidráulica la potencia mecánica representa la

energía que suministra al circuito por unidad de tiempo. En los circuitos eléctricos se define la fuerza electromotriz de un generador y se representa mediante la letra ϵ , como la energía que cede el generador al circuito por cada unidad de carga que lo atraviesa y que se invierte en incrementar su energía potencial eléctrica. Cada carga al pasar por el generador recibe una dosis de energía que podrá gastar después en su recorrido a lo largo del circuito.

Con frecuencia, se emplean las iniciales f.e.m. para designar esta magnitud, que siendo una energía se la denomina impropriamente fuerza. Según su definición la f.e.m. se expresará en unidades de energía partido por unidades de carga. Este es también el caso de las magnitudes potencial y diferencia de potencial. Por tal motivo su unidad en el SI es el volt.

INDUCTANCIA:

Existen fenómenos de inducción electromagnética generados por un circuito sobre si mismo llamados de inductancia propia o de autoinducción también los producidos por la proximidad de dos circuitos, a los cuales se les define como de inductancia mutua la autoinducción es la producción de una F.E.M. inducida siempre que se opone al cambio de corriente la capacidad de una bobina de producir una FEM autoinducida se mide por una magnitud llamada inductancia. En muchos circuitos de corriente alterna se utilizan inductores o bobinas con el objeto de producir deliberadamente inductancia en un circuito; cuando este posee un gran numero de espiras tiene un valor alto de inductancia, mientras que en caso contrario su valor es pequeño. Cuando mayor sea la inductancia, mas lentamente se elevara o descendera la corriente dentro de la bobina la unidad de inductancia llamada Henry.

$$\epsilon = -L \frac{\Delta i}{\Delta t}$$

Donde :

L = inductancia expresada en volts -segundo/ampere =Henry (H)

ϵ = FEM inducida, medida en volts (V)

Δi = cambio de la corriente en amperes (A) la letra i indica que es una corriente inducida

Δt = tiempo en el cual se efectúa el cambio en la corriente medido en segundos (s) el signo negativo indica que la FEM auto inducida ϵ es una fuerza llamada contra electromotriz que se opone al cambio de la corriente.

Su símbolo en circuitos electrónicos y eléctricos es:



La reactancia inductiva se mide en ohms:

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

$$X_L = 2\pi fL = \omega L$$

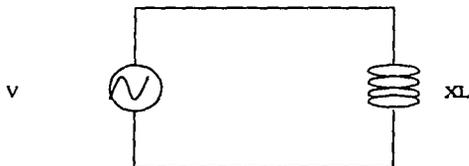
Donde:

- W = Velocidad angular
- F = Frecuencia Hz
- L = Inducción Henrios

La forma geométrica de la bobina afecta su inductancia. Por ello existen inductores de diversos tamaños y formas en los que varia el numero de espiras y la longitud del conductor, algunos tienen núcleo de hierro o también de aire pero existen de diferentes tipos de núcleos dependiendo la utilización de la bobina.

Inductancia mutua. Cuando dos bobinas se colocan una cerca de la otra al pasar una corriente i por una de ellas, creara un campo magnético cuyo flujo pasara através de la otra de tal manera que se puede inducir una FEM en cada una por efecto de la otra la bobina por la cual circula la corriente en forma inicial recibe el nombre de bobina primaria y en la que se induce la FEM bobina secundaria. El valor de la FEM inducida en la bobina secundaria es directamente proporcional a la rapidez con la que cambia la corriente de la bobina primaria. Y básicamente este es el principio del transformador en el cual se utiliza un conductor de hierro para las líneas de flujo magnético.

Así la inductancia es la propiedad que tienen los circuitos eléctricos alimentados por corriente alterna de inducir fuerzas a si mismos y a otros circuitos.



IMPEDANCIA

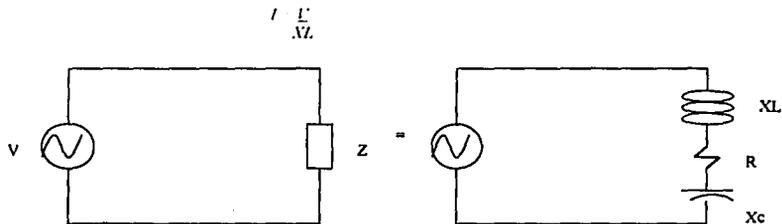
Los capacitores y los inductores pueden combinarse junto con los resistores en un solo circuito. La combinación mas simple es el circuito RLC, que contiene un resistor un capacitor y un inductor.

A medida que aumenta el valor de la inductancia, es menor la corriente de igual manera como las corrientes de alta frecuencia cambian mas rápidamente que las de baja, mientras mayor sea la frecuencia mayor será el efecto de reducción. De donde, la capacidad de un capacitor es directamente proporcional a la inductancia y a la frecuencia de la corriente alterna. Este efecto de la inductancia se puede comparar en parte al que produce una resistencia, sin embargo, como una resistencia real produce energía calorifica al circular una corriente eléctrica por ella, para diferenciarlas se le denomina reactancia inductiva al efecto provocado por la reactancia inductiva (X_L) es la capacidad que tiene un inductor para reducir la corriente en un circuito de corriente alterna y su expresión matemática es:

$$X_L = 2\pi fL$$

Donde X_L = reactancia inductiva expresada en ohms (Ω)
 f = frecuencia de la corriente alterna, medida en ciclos /segundo (Hertz)
 L = inductancia, expresada en Henrys (H)

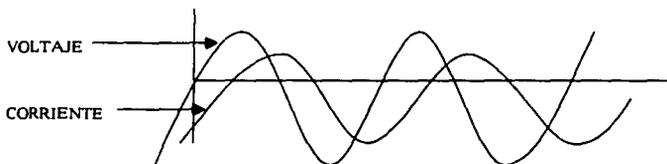
De esta manera si se tiene un circuito puramente inductivo se puede substituir X_L en la ley de ohm por R y con esto se tiene



Donde:

I = intensidad de corriente eléctrica, medida en amperes (A)
 V = voltaje expresado en volts (V)
 X_L = reactancia inductiva, medida en ohms (Ω)

En un circuito eléctrico donde existe únicamente inductancia, la intensidad de corriente se atrasa $\frac{1}{4}$ de ciclo (90°) por lo que se dice que esta desfasada 90° como se observa en la figura.



Cuando se desea conocer cual es el valor de la resistencia total de un circuito debido a la resistencia, al inductor y al capacitor se determina su impedancia, por definición: en un circuito de corriente alterna la impedancia (Z) es la oposición total a la corriente eléctrica producida por R , X_L y X_C matemáticamente Z se expresa como

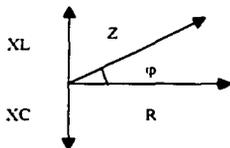
$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

- R = resistencia debido al resistor en Ω
- XL = reactancia inductiva medida en Ω
- XC = reactancia capacitiva expresada en Ω

De acuerdo a la ley de ohm se tiene que

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

En un circuito en serie, las relaciones entre R, XL, XC, y su valor resultante Z (impedancia) se puede representar en forma gráfica al considerar las magnitudes anteriores como vectores como se muestra en la siguiente figura, se puede notar que la resistencia R es representada sobre el eje X, la reactancia inductiva por el eje Y, y la reactancia capacitiva es representada por un vector negativo sobre el eje Y así el vector resultante de los tres vectores será la impedancia Z



Para determinar cual es el valor del retraso de la corriente respecto al voltaje, se determina el ángulo φ por medio de la expresión

$$\tan \varphi = \frac{X}{R}$$

Donde

- φ = ángulo formado por los vectores Z y R
- X = reactancia del circuito ($X = XL - XC$) expresada en ohms (Ω)
- R = resistencia total del circuito, medida en ohms (Ω)

Conocida también como $\cos \varphi$ o F.P. (ángulo de defasamiento entre la corriente y la tensión) Así la impedancia es una resistencia aparente que se mide en ohms (Ω).

TIPOS DE GENERADORES

De entre los tipos de generadores, el más conocido es el *generador químico*, al cual corresponde a la habitual pila eléctrica, pila seca o batería. Este generador transforma energía química a eléctrica a través de una reacción química. El dispositivo es capaz de mantener una diferencia de potencial constante entre sus polos o bornes. Una pila de zinc - carbón, como las que se emplean para alimentar un aparato de radio portátil, está constituida formada por dos electrodos de diferentes sustancias. Uno es de zinc que envuelve en forma de envoltura a una barra de carbón. Entre ambos existe una mezcla húmeda de cloruro de amonio (el electrolito),

bióxido de manganeso (el despolarizante) y de polvo de carbón para hacerla conductora, las cuales sirven para el proceso de generación de la tensión. La reacción química que se produce en el electrodo de cinc libera electrones, con lo que éste se convierte en un polo negativo (cátodo); la que se produce en el electrodo de carbón da lugar a una disminución de electrones, resultando de signo positivo (ánodo). La tensión producida por la pila es constante, hasta el desvanecimiento del electrolito, y al aplicarla sobre un circuito eléctrico produce una C.C.. Este tipo de corriente se caracteriza porque el sentido del movimiento de los portadores de carga (electrones libres) se mantiene constante.

La pila de combustible es otro tipo de generador químico de uso frecuente en el suministro de energía eléctrica a naves o cohetes espaciales. Recibe este nombre porque las sustancias que participan en las correspondientes reacciones químicas son, en parte, introducidas desde el exterior como si de un combustible se tratara. Una pila de combustible típica es la que se basa en las reacciones del hidrógeno - oxígeno que se producen con pérdida de electrones en un electrodo y ganancia en el otro, dando lugar a una diferencia de potencial capaz de producir una corriente eléctrica exterior.

Un termopar, dispositivo directo de la termocupla, es un generador termoeléctrico que transforma energía calórica en eléctrica. Se produce cuando dos alambres conductores de diferente material, unidos entre sí por sus extremos respectivos se someten a una diferencia de temperatura. Sumergiendo una de las soldaduras en hielo fundente, por ejemplo, y aplicando a la otra soldadura una temperatura alta, entre ambos puntos se genera una diferencia de potencial que aumenta con la variación de la temperatura.. El efecto generador de electricidad, conocido como efecto Seebeck, se emplea principalmente en la medida de temperaturas de instrumentos digitales.

La célula fotovoltaica es un generador de tipo fotoeléctrico (dispositivo directo del efecto fotoeléctrico explicado por Einstein en 1905) que transforma la energía electromagnética (en el rango visible) en energía eléctrica. Se basa en la capacidad de los semiconductores para conducir la electricidad en un sentido dado, pero no en el opuesto. Al incidir la luz sobre la célula, arranca algunos electrones de sus átomos (fotoelectrones) produciendo una corriente fotoeléctrica. Estos electrones que se acumulan en una región determinada (cátodo) a expensas de la pérdida de electrones en la región opuesta (ánodo). Al igual que en una pila seca, estas dos regiones constituyen los polos negativo y positivo de la célula.

El generador electromagnético se basa en el principio de la inducción electromagnética (ley de Faraday y Lenz). Cuando un conductor cerrado se hace girar en un campo magnético producido por un imán, por ejemplo, se genera en su interior una diferencia de potencial capaz de producir una corriente eléctrica. Es el tipo de generador denominado alternador que se emplea en las grandes plantas de producción de energía eléctrica. En ellas, diferentes formas de energía, cuya naturaleza depende del tipo de central, se invierten en mover grandes bobinas de conductores, haciéndolas girar en los campos magnéticos. De este modo se producen tensiones eléctricas entre sus bornes cuya polaridad positiva/negativa, se invierte alternativamente con el tiempo a razón de cincuenta veces en cada segundo. Cuando esta tensión se aplica a un circuito eléctrico, produce en él una corriente alterna que se caracteriza

por una inversión alternativa, con idéntica frecuencia, del sentido del movimiento de los portadores de carga.

Una f.e.m. se representa mediante una flecha colocada próxima a la fuente, y que apunta en la dirección en la que se movería los transportadores de carga positiva en el circuito externo, si la fuente actuara por sí sola. Supóngase que en la figura se inicia un recorrido en el sentido de las manecillas del reloj, partiendo del punto *a*, cuyo potencial eléctrico es. V_a Al pasar a través de la resistencia hay un cambio $-i \cdot R$ en el potencial. El signo menos indica que la parte superior de la resistencia está a un potencial mayor que la parte inferior, lo cual debe ser cierto debido a que los transportadores de carga positiva se mueven por sí mismos de un potencial mayor a uno menor. Al atravesar la batería de la parte inferior a la superior, existe un aumento $+ \varepsilon$ en el potencial, debido a que la batería realiza un trabajo (positivo) sobre los transportadores de carga; esto es, los mueve desde un punto de potencial menor hasta uno de mayor. La suma algebraica de los cambios de potencial y del potencial inicial V_a , debe resultar en el mismo valor V_a , es decir:

$$V_a - i \cdot R + \varepsilon = V_a$$

que se puede escribir como:

$$-i \cdot R + \varepsilon = 0$$

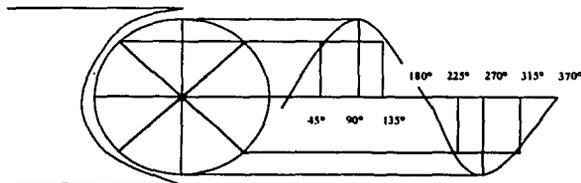
En otras palabras:

La suma algebraica de los cambios en el potencial eléctrico que se encuentren en un circuito completo debe ser cero.

En la actualidad la energía eléctrica también se produce en forma alterna

Todos los generadores convencionales de corriente alterna tienen una velocidad de 900 RPM y funcionan con el principio de la ley de Faraday, siempre que existe un cruce relativo de líneas de flujo magnético por un conductor se inducirá en él una fuerza electromotriz F.E.M. el valor de la tensión inducida en una sola espira de hilo es proporcional a la variación de líneas de fuerza que la atraviesan.

Así el principio del generador de corriente alterna es:



Con lo que se tiene una onda senoidal de la siguiente forma:

$$\text{Sen } 0^\circ = 0$$

$$\text{Sen } 45^\circ = 0.7$$

$$\text{Sen } 90^\circ = 1$$

$$\text{Sen } 135^\circ = 0.7$$

$$\text{Sen } 180^\circ = 0$$

$$\text{Sen } 225^\circ = -0.7$$

$$\text{Sen } 270^\circ = -1$$

$$\text{Sen } 315^\circ = -0.7$$

$$\text{Sen } 360^\circ = 0$$

2.3. ILUMINACION

ILUMINACION:

Se define como el flujo luminoso (ϕ) por unidad de superficie (S). Su símbolo es E y su unidad de medida es el lux ($Lx = \text{lumen} / \text{m}^2$) se nota que un lux no solo es la iluminación producida por un lumen incidente sobre una superficie de un metro cuadrado o sea un lumen sino también es una candela a un metro de distancia.

LUX:

Es bien conocido por todos que existe una gran variedad de conceptos referidos a la iluminación sus unidades de medida y de sus efectos por esta razón se toman en cuenta algunos de ellos.

CANDELA:

Es la cantidad física básica en todas las medidas de luz ya que las otras medidas se derivan de ella. Su valor esta determinado por la luz emitida de un patrón de laboratorio llamado cuerpo negro, trabajando a una temperatura específica. Una vela corriente de cera tiene en dirección horizontal una intensidad luminosa fe una candela.

LUMEN:

Es el flujo de luz que incide sobre una superficie de 1 metro cuadrado, la totalidad de cuyos puntos diste 1 metro de una fuente puntual teórica que tenga una intensidad luminosa de 1 candela en todas direcciones esta superficie es una sección de un metro de radio, en cuyo centro se encuentra una fuente puntual uniforme de una candela el mismo concepto puede expresarse diciendo que un lumen es el flujo luminoso emitido en un ángulo sólido unidad por una fuente puntual uniforme de una candela. La diferencia entre el lumen y la candela es que el lumen es una medida de flujo independientemente de la dirección.

FLUJO LUMINOSO:

Es la cantidad de luz emitida por una fuente luminosa en la unidad de tiempo (segundo). Y esta representada por la letra ϕ y su unidad de medida es el lumen.

La cantidad de lúmenes que incide sobre una superficie puede evaluarse con un luxómetro normal con el que se pueden tener las lecturas de luz en diferentes puntos de la superficie para obtener un valor promedio.

Las lecturas en lux sirven para indicar la iluminación en un punto determinado o la iluminación media sobre una superficie. La ley de la inversa cuadrado constituye la base del cálculo en el método de punto por punto para proyectos de alumbrado esta ley se aplica estrictamente a una fuente puntual.

INTENSIDAD LUMINOSA:

Es parte del flujo emitido por una fuente en la dirección dada por el ángulo sólido que la contiene y su unidad de medida es la candela. La intensidad luminosa no solo para indicar la intensidad de una fuente en una determinada dirección, sino que frecuentemente se toman medidas de la potencia en candelas desde distintos ángulos alrededor de la fuente o luminaria y se representan gráficamente los resultados para obtener la curva de distribución luminosa. Esta curva muestra la intensidad luminosa en cualquier dirección, y a partir de ella pueden hacerse cálculos de iluminación.

REFLEXION:

Es el fenómeno por el cual la luz al incidir sobre una superficie cambia de dirección de manera tal que el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión .

REFRACCION:

Es el cambio de dirección que sufren los rayos luminosos al pasar de un lado a otro con diferente densidad.

CAPITULO 3

PROYECTO DEL TALLER DE INYECCION DE PLASTICOS

3.1. PLANTEAMIENTO DEL PROYECTO

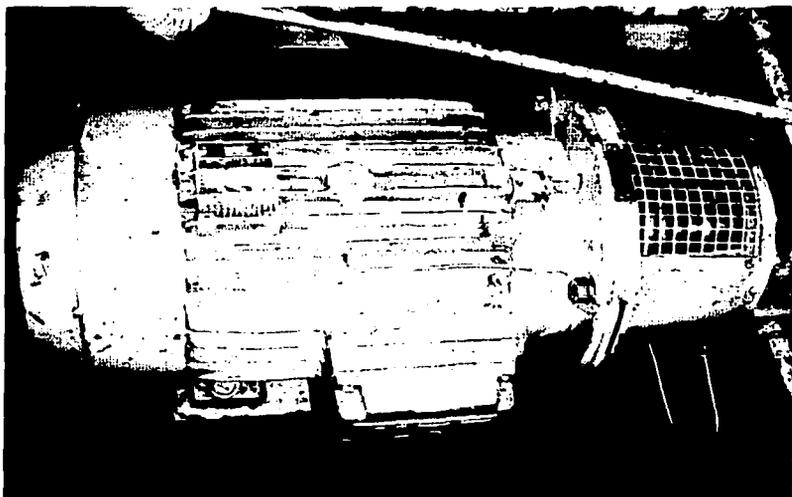
La principal razón por la cual se escoge el tema de la inyección de plástico Tema que considerado muy interesante y que ha tenido un gran auge a partir de los 80's además de que esta industria es una de las industrias con mas futuro ya tiene la capacidad de sustituir todos los envases de vidrio y los recipientes metálicos, además de muchas otras cosas que se pueden hacer con el plástico. Esto resulta atractivo no solamente para la formación profesional sino para aquellos estudiantes que les gustaría ingresar a o darse una idea de lo que es la esta gran industria de la inyección del plástico.

Las dimensiones del área en la cual se instalan las maquinas de inyección es son optimas para un pequeño taller de inyección de pequeñas piezas ya que las maquinas que se instalarían serian maquinas consideradas pequeñas como a continuación se muestra en la figura.



MAQUINA DE INYECCION DE 50 TONELADAS

se tienen 8 maquinas de inyección de plástico con motores de 10 y 7.5 HP jaula de ardilla y serán arrancados a tensión reducida con un arranque estrella delta (como se muestra en la siguiente figura) y una carga de calefacción de (3.87KW) cada maquina distribuidas como se muestra en la figura 1.1



MOTOR DE TIPO JAULA DE ARDILLA 10 HP

3.2 PLANO DE DISTRIBUCION

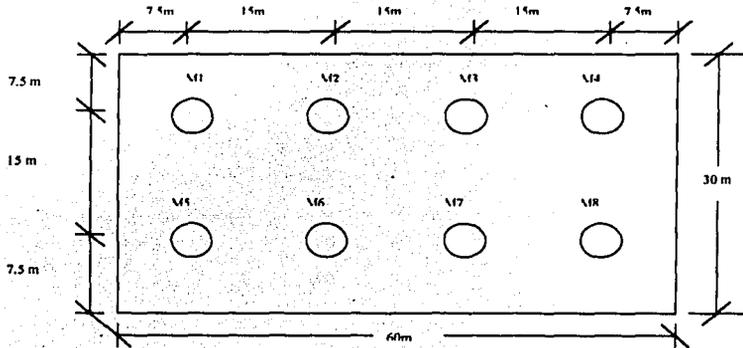


TABLA 1

TABLA 1									
INTENSIDAD DE CORRIENTE A PLENA CARGA* MOTORES DE C.A. TRIFASICOS									
CV	MOTOR DE INDUCCION JAULA DE ARDILLA Y ROTOR DEVANADO					MOTOR SINCRONO f FACTOR DE POTENCIA UNIDAD			
	110V	220V	440V	550V	2300V	220V	440V	550V	2300V
½	4	2W	1	0.8					
¾	5.6	2.8	1.4	1.1					
1	7	3.5	1.8	1.4					
1 ½	10	5	2.5	2.0					
2	13	6.5	3.3	2.6					
3	--	9	4.5	4					
5	--	15	7.5	6					
7 ½	--	22	11	9					
10	--	27	14	11					
15	--	40	20	16					
20	--	52	26	21					
25	--	64	32	26	7	54	27	22	5.4
30	--	78	39	31	8.5	65	33	26	6.5
40	--	104	52	41	10.5	86	43	35	8
50	--	125	63	50	13	108	54	44	10
60	--	150	75	60	16	128	64	51	12
75	--	185	93	74	19	161	81	65	15
100	--	246	123	98	25	211	106	85	20
125	--	310	155	124	31	264	132	106	25
150	--	360	180	144	37	--	158	127	30
200	--	480	240	192	48	--	210	168	40

Para intensidades de corriente a plena carga e motores de 208 y 200V, increméntese la intensidad de corriente a plena carga correspondiente al motor de 220 V en un 6 y 10% respectivamente.

Estos valores de intensidades de corriente a plena carga se refieren a motores que giren a velocidades standard para motores con correa y motores con características normales de par resistente. Los motores contruidos para velocidades especialmente bajas o para pares resistentes especialmente grandes pueden requerir mas intensidad de corriente, en cuyo caso se empleara la corriente de régimen de placa indicadora.

Para factores de potencia del 90 y del 80%, las cifras anteriores deben multiplicarse por 1.1 y 1.25 respectivamente.

Las tensiones se refieren a tensiones normales para los motores.

CALCULO DE CONDUCTORES

Las potencias de los motores es como a continuación se muestra

			Corriente Nominal
• M1 = 10HP	440V	7460 Watts	15A
• M2 = 10HP	440V	7460 Watts	15A
• M3 = 10HP	440V	7460 Watts	15A
• M4 = 7.5HP	440V	5595 Watts	11A
• M5 = 10HP	440V	7460 Watts	15A
• M6 = 10HP	440V	7460 Watts	15A
• M7 = 10HP	440V	7460 Watts	15A
• M8 = 7.5HP	440V	5595 Watts	11A
• Calefacción para maquina 1	440V	3879 Watts	8.8A
• Calefacción para maquina 2	440V	3879 Watts	8.8A
• Calefacción para maquina 3	440V	3879 Watts	8.8A
• Calefacción para maquina 5	440V	3879 Watts	8.8A
• Calefacción para maquina 6	440V	3879 Watts	8.8A
• Calefacción para maquina 7	440V	3879 Watts	8.8A

CCM:

Centro de Control de Motores

Para determinar la ubicación del CCM tenemos

$$Lx = \frac{W1 LX1 + W2 LX2 + W3 LX3 + W4 LX4 + W5 LX5 + W6 LX6 + W7 LX7 + W8 LX8}{W1+W2+W3+W4+W5+W6+W7+W8}$$

Donde: W = carga en watts
L = distancia en metros

$$LX = \frac{2400}{74} = 32.4 \text{ m}$$

$$LY = \frac{W1 LY1 + W2 LY2 + W3 LY3 + W4 LY4 + W5 LY5 + W6 LY6 + W7 LY7 + W8 LY8}{W1+W2+W3+W4+W5+W6+W7+W8}$$

$$LY = \frac{1200}{74} = 16.2 \text{ m}$$

Alimentador para motores de 10HP 440 Volts

Corriente a plena carga: según tabla 1: 14 A

Calibre del circuito derivado

$$I = 1.25 I_{pc} = 1.25 \times 14 = 17.5 \text{ A}$$

De acuerdo a la tabla 2 se necesita alambre No 12 AWG (a prueba de agua) .

Tubo conduit para tres conductores No 12 13mm (1/2) tabla 3

Protección del circuito derivado con interruptor automático (termomagnético)

$$I \text{ interruptor} = INP = 150\% \text{ de } I_{pc} = 1.5 \times 17.5 = 26.25 \text{ A}$$

$$\text{Protección del motor (elemento térmico)} 1.25 I_{pc} \times 14 = 17.5$$

Alimentador para motores de 7.5HP 440 Volts

Corriente a plena carga: según tabla 1: 11 A

$$\text{Calibre del circuito derivado } I = 1.25 I_{pc} = 1.25 \times 11 = 13.75 \text{ A}$$

De acuerdo a la tabla 2 se necesita alambre No 14 AWG (a prueba de agua)

Pero por norma se debe utilizar el No 12 como mínimo para instalaciones eléctricas

Tubo conduit para tres conductores No 12 13mm (1/2) tabla 3

Protección del circuito derivado con interruptor automático (termomagnético)

$$I \text{ interruptor} = INP = 150\% \text{ de } I_{pc} = 1.5 \times 13.75 = 20.62 \text{ A}$$

$$\text{Protección del motor (elemento térmico)} 1.25 I_{pc} \times 11 = 13.75$$

Concepto	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8
Potencia HP	10	10	10	7.5	10	10	10	7.5
Motor	JA	JA	JA	JA	JA	JA	JA	JA
Arranque	VP	VP	VP	VP	VP	VP	VP	VP
Ipc (A)	14	14	14	11	14	14	14	11
1.25 Ipc	17.5	17.5	17.5	13.75	17.5	17.5	17.5	13.75
Calibre del conductor circuito derivado	No 12	No 12	No 12	No 12	No 12	No 12	No 12	No 12
Protección del circuito derivado en amperes	17.5 (20)	17.5 (20)	17.5 (20)	13.75 (15)	17.5 (20)	17.5 (20)	17.5 (20)	13.75 (15)
Tubería conduit pared gruesa	13mm	13mm	13mm	13mm	13mm	13mm	13mm	13mm

Debido a que la subestación esta sobre del lado de la salida resulta conveniente colocar el CCM de este lado para un mejor y mas fácil control de iluminación y fuerza así como las oficinas este centro de carga estará colocado a 16m en el eje Y.

La tubería que debe utilizarse para el CCM será de 1 1/2" y para cada motor con su calefacción deberá ser de 13mm como lo indica la siguiente tabla

TABLA 2

NUMERO DE CONDUCTORES TIPO TW Y VINANEL 900 NORMAL QUE PUEDEN INTALARSE DENTRO DE UN TUBO CONDUIT DE ACUERDO CON LOS FACTORES DE RELLENO ESTABLECIDOS

A.W.G	½"	¾"	1"	1 ¼"	1 ½"	2"	2 ¼"	3"	3 ½"	4"	5"	6"
M.C.M	13mm	19mm	25mm	31mm	38mm	51mm	64mm	76mm	89mm	101mm	127mm	152mm
18	13	24	39	68	92							
16	11	19	31	54	74							
14	9	13	25	44	60	99						
12	7	12	20	34	47	78						
10	5	9	15	26	36	60	85					
8	3	5	8	14	20	32	46	72				
6	1	2	4	7	10	16	23	36	48	62		
4	1	1	3	5	7	12	17	27	36	46	63	
2	1	1	1	4	5	9	12	20	26	34	54	78
1	0	1	1	2	4	6	8	14	19	25	39	57
0	0	1	1	2	3	5	8	12	16	21	33	45
00	0	1	1	1	3	4	6	10	14	18	28	41
000	0	0	1	1	1	4	4	9	12	15	24	35
0000	0	0	1	1	1	3	4	7	10	13	20	29
250			1	1	2	3	6	8	10	16	23	
300			1	1	1	2	5	7	9	14	20	

TABLA 3

CAPACIDAD DE CORRIENTE DE CONDUCTORES DE Cu BASADA EN UNA TEMPERATURA AMBIENTE DE 30°C

CALIBRE	TIPO T.W. 60°C				VINANEL 900 75°C			
	1 a 3 CONDS TUBO	4 a 6 CONDS TUBO	6 a 9 CONDS TUBO	1 COND. AIRE	1 a 3 CONDS TUBO	4 a 6 CONDS TUBO	6 a 9 CONDS TUBO	1 CONDS AIRE
A.W.G.	M.C.M							
14	15	12	10	20	15	12	10	20
12	20	16	14	25	20	16	14	25
10	30	24	21	40	30	24	21	40
8	40	32	28	55	45	36	31	65
6	55	44	38	80	65	52	45	95
4	70	56	49	105	85	68	59	125
2	95	76	66	140	115	92	80	170
0	125	100	87	195	150	120	105	230
00	145	116	110	225	175	140	122	265
000	165	132	115	260	200	160	140	310
0000	195	156	132	300	230	184	161	360
250	215	172	150	340	255	204	178	405
300	240	192	168	375	285	228	199	445
350	260	208	182	420	310	248	217	505
400	280	224	196	455	335	268	234	545
500	320	256	224	515	380	304	266	680

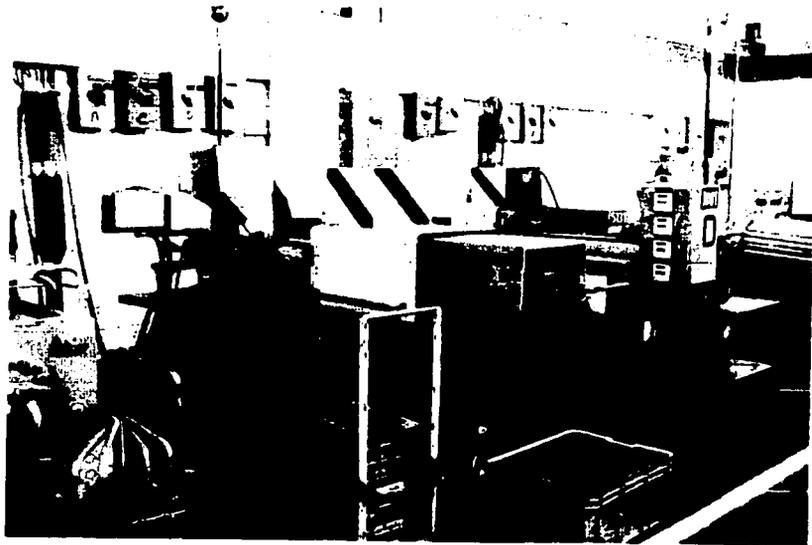
Cada circuito principal controlara cuatro motores de los cuales 3 serán para maquinas de inyección y uno mas para equipo auxiliar controlara también la calefacción de cada maquina de inyección.

La corriente nominal de un motor de 10HP es de 15Amperes mas la calefacción de la maquina con 3879Watts (5.19 HP) con un consumo de corriente aproximada de 8Amperes y el motor de 7.5HP tiene una corriente nominal de 11A por esta razón la distribución de las protecciones quedara como se muestra en la figura siguiente.



PROTECCIONES

Donde se tendrá un interruptor principal y dos secundarios que controlaran: Motor principal, Calefacción en la figura siguiente se muestra la localización de las maquinas de inyección y las protecciones



PROTECCIONES Y MAQUINAS DE INYECCIÓN DE 40 TONELADAS

Para el circuito No 1 y No 2 con cargas iguales tenemos : una carga total de 39612watts (53.09 HP) ≈ 50 HP

Para C1 la corriente nominal será una corriente de ≈ 66.25 Amperes

Calculando :

$$I = \frac{(746) (HP)}{(\sqrt{3}) (E) (EFF) (FP)}$$

$$I = \frac{(39612)}{(1.73) (440) (.9) (.9)} = 64.1 \text{ Amperes}$$

$$I = 1.25 \text{ INPC}$$

$$I = (1.25) (45) + 11 = 67.25$$

INPC = Corriente nominal a plena carga

Por lo cual nuestro diagrama unifilar será

Por medio de tablas de la norma oficial mexicana NOM-001-se tiene que el conductor numero 4 Conduce hasta 70Amperes

Conductor No	Conduce Am	F. C. Temperatura	F. C. Acoplamiento	Conduce	Diámetro	Aprobado
4 AWG	70	1	.8	56	21.15	X
2 AWG	95	1	.8	76	33.62	✓

Por caída de tensión se tiene:

$$S = \frac{(2\sqrt{3}) (L) (I)}{(e\%) (E)}$$

De donde

$$.e\%_{2AWG} = \frac{(2\sqrt{3}) (60) (67.25)}{(33.62) (440)} = \frac{13977.6}{14792.8} = 0.94\%$$

Por lo cual se utilizara calibre No 2 con una sección transversal de 33.62mm en el alimentador de ambos circuitos

Para M1, M2, M3, M5, M6, y M7 los cuales están a una distancia de 15 metros del cable alimentador tenemos

10HP del motor (7460Watts) + 3879Watts para la calefacción se tiene un total de 11339Watts

$$I = \frac{(KW)(1000)}{(\sqrt{3})(E)(FP)}$$

$$I = \frac{(11.339)(1000)}{(1.73)(440)(.9)} = \frac{11339}{685.8} = 16.53 \text{ Amperes}$$

$$I = 1.25 \text{ INPC}$$

$$I = 1.25 \times 16.53 = 20.66 \text{ Amperes}$$

Por tablas tenemos que el conductor de calibre No 10AWG con una sección transversal de 5.260mm conduce un máximo de 30Amperes

Conductor No	Conduce Am	F. C. Temperatura	F. C. Acoplamiento	Conduce	Diámetro	Aprobado
10 AWG	30	1	.8	24	33.62	✓

Por esta razón el cableado hacia las maquinas de 10 HP será del No 10

Para maquinas No 4 y No8 compresor y bomba de circulación de agua con motores de 7.5HP (5595Watts)

$$I = \frac{(5.595)(1000)}{(1.73)(440)(0.9)} = 8.1 \text{ Amperes}$$

$$I = 1.25 \times 8.1 = 10.20$$

Con 10.20Amperes para las maquinas con motor de 7.5HP pero no se puede ocupar calibre del No 14 por norma y se ocupara calibre No12 que conduce hasta 20Amperes

Conductor	Conduce A	F. C. Temperatura	F. C. Acoplamiento	Conduce	
12 AWG	20	1	.8	16	✓

Por caída de tensión:

$$S = \frac{2 \sqrt{3} L I}{0.55} \cdot e\% E_f$$

$$\text{de donde: } e\% = \frac{2 \sqrt{3} L I}{S} = \frac{2 \sqrt{3} (15) (15.67)}{814.23} =$$

$$S_{12AWG} E_f \quad (3.307)(440) \quad 1455$$

por lo tanto se utilizara calibre 12AWG con una sección transversal de 3.307mm para las maquinas con motor de 7.5 HP No. 4 y No. 8

Para la iluminación de las oficinas y del almacén con la siguiente área

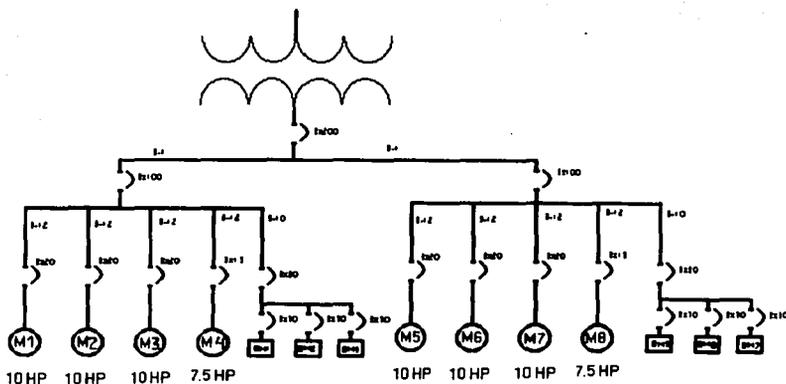
Subestación	5X5 25m	100 Luxes
Almacén	15X5 75m	200 Luxes
Oficinas (Planta alta)	5X20 100m	1000 Luxes

Cuadro de cargas tomando en cuenta que la alimentación será de 440 y 220 V

Circuito No	Luminarios (400) Watts	Contactos 180 Watts	Motores Watts	Fases		
				A	B	C
C1			39612	13204	13204	13204
C2			39612	13204	13204	13204
C3	(9) 3600			3600		
C4	(9) 3600				3600	
C5	(9) 3600					3600
C6	(9) 3600			3600		
C7	(9) 3600				3600	
C8		(8) 1440				1440
C9						2000
Total	18000	1440	79224	33608	33608	33448

DIAGRAMA UNIFILAR DE FUERZA

Por lo que nuestro diagrama unifilar quedara de la siguiente manera:



CAPITULO 4

ILUMINACION

DATOS:

LARGO: 60m.

ANCHO: 30m.

ALTURA: 9.00m.

ALTURA DE PLANO DE TRABAJO: 1.20m.

NIVEL DE ILUMINACION REQUERIDO: 400 Luxes

REFLECTANCIA DEL TECHO: 30%

REFLECTANCIA DE LA PARED: 10%

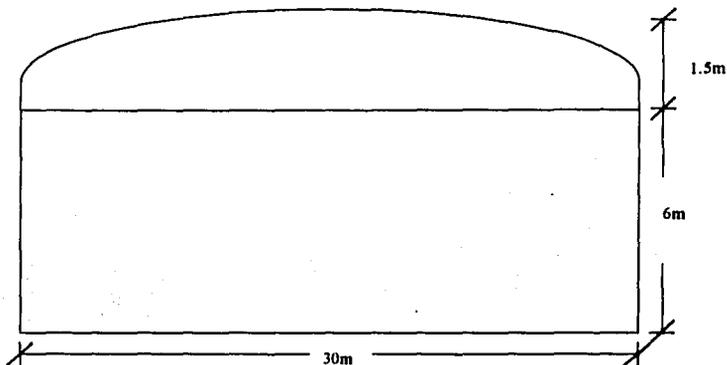
REFLECTANCIA DEL PISO: 20%

TIPO DE AMBIENTE: Sucio

HORAS DE OPERACIÓN AL AÑO: 9 Horas X Día X 300 Días = 2700 hrs por año

ALTURA A LA PARTE BAJA DEL LUMINARIO: 6.00m

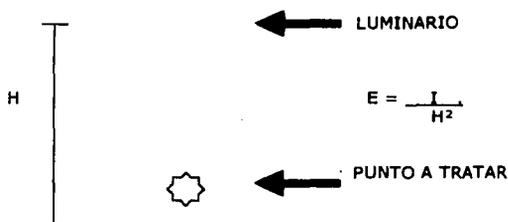
TRABAJO A DESARROLLAR EN LA NAVE INDUSTRIAL: Trabajo de maquinaria automática



4.1 CALCULO DE NUMERO DE LUMINARIOS Y SU DISTRIBUCION

$$\text{Area} = 60 \times 30 = 1800 \text{m}^2$$

$$E = 500 \text{ Luxes (I.E. S. 99\%)}$$



DONDE:

- E = NIVEL DE ILUMINACION EN LUXES = 500 LUXES
I = POTENCIA EN CANDELAS = 4 ?
H = ALTURA DEL LUMINARIO = 4 metros

$$\text{Despejando } I = E \times H^2 = 500 \times (4)^2 = 8000 \text{ candelas}$$

Con el **luminario HOLPHANE Prismpack No de catalogo 1036**
Lampara de vapor de Sodio Alta Presión de 400 Watts

$$\text{No de Luminarios} = \frac{(\text{Nivel de Iluminación}) (\text{Area})}{(\text{Lúmenes por Luminario}) (\text{C.U.}) (\text{F.M.})}$$

DONDE:

- No = Numero de Luminarios
E = Nivel de Iluminación
C.U. = Coeficiente de utilización
F.M. = Factor de Mantenimiento o Factor de Perdidas de Luz
Lúmenes por Luminario = Lúmenes iniciales de las Lamparas que se encuentran en el luminario

Para encontrar el valor de C.U. se utiliza el método de CAVIDAD ZONAL que nos indica:

$$\text{R.C.R.} = \frac{(5) (\text{Altura de Cavidad de Cuarto}) (\text{Largo} + \text{Ancho})}{\text{Arca}}$$

$$\text{R.C.R.} = \frac{(5) (4) (60+30)}{1800} = 1$$

De tablas el C.U. = **0.71**

Para obtener el factor de mantenimiento se deben considerar los siguientes factores

FACTORES NO RECUPERABLES

1.- Variación de tensión de alimentación
= 0.93

2.- Temperatura del ambiente = 1

3.- depreciación por deterioro en las superficies del luminario = 1

4.- factor de balastro = 0.93

FACTORES RECUPERABLES

5.- depreciación por suciedad acumulada en las superficies del local
= 0.964

6.- lamparas quemadas o fundidas
= 0.95

7.- Depreciación de lúmenes de la lampara (LLD) = 0.90

8.- depreciación por suciedad acumulada en el luminario (LDD) = 0.78

Por lo tanto F.M. = $1 \times 0.975 \times 0.93 \times 1 \times 0.964 \times 0.95 \times 0.90 \times 0.78 = \mathbf{0.58}$

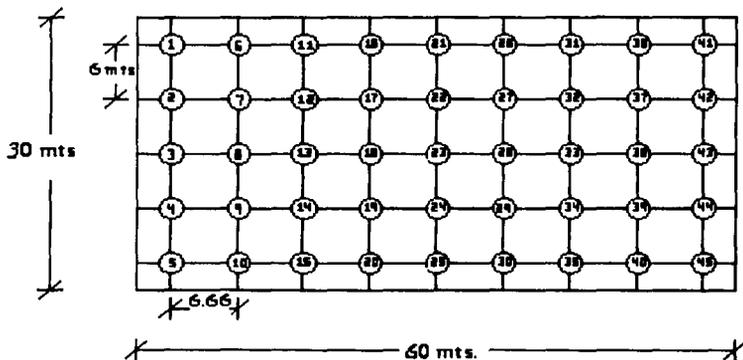
Entonces

$$\text{No de Luminarios} = \frac{(500)(1800)}{(50000)(0.71)(0.58)} = 43.7 \approx \mathbf{44 \text{ LUMINARIOS}}$$

por cuestión de estética se colocan 45 luminarios

Localización de los luminarios

$$\begin{aligned} S_{\text{max}} &= \text{factor} \times h_{\text{cc}} \\ &= 1.8 \times 4 = 7.2 \text{ mts} \end{aligned}$$



Espaciamiento :

$$S = \sqrt{\frac{\text{área}}{\text{No de luminarios}}} = \sqrt{\frac{1800}{44}} = 6.39$$

Nivel de iluminación que se tendrá

$$E = \frac{(\text{No de Luminarios}) (\text{Lúmenes por Luminario}) (C.U) (F.M.)}{\text{Area}}$$

$$E = \frac{(44) (50000) (0.71) (0.58)}{1800} = \underline{503.31 \text{ Luxes mantenidos}}$$

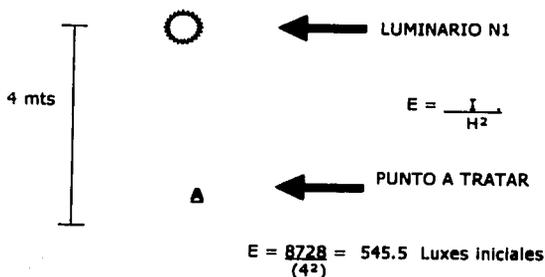
Acomodo de luminarios:

$$60 + 6.4 = 9.375$$

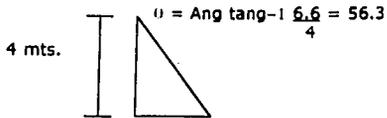
$$30 + 6.4 = 4.687$$

Para cálculos por el método punto por punto:

Punto **A** bajo el luminario No 1

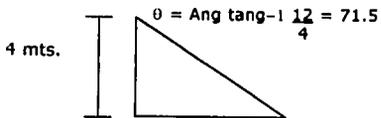


Luminario No 2



$$E = \frac{I \cos^3 \theta}{H^2}$$
$$E = \frac{(2215) (0.1748)}{(4^2)} = 78.81 \text{ Luxes iniciales}$$

Luminario No 3



$$E = \frac{(1418) (0.0345)}{(4^2)} = 3.05 \text{ Luxes Iniciales.}$$

Carga total de iluminación: 18000 W

$$I = \frac{W}{E \cdot \cos \phi}$$

Por lo tanto se requiere un sistema trifasico 4 hilos

Calculando por capacidad de corriente

$$I = \frac{18000}{220 \cdot 0.9} = 90.9 \text{ A}$$

Hasta el CCM que tiene una distancia de 15 metros desde la subestación según el calculo siguiente de la ubicación del CCM

4.2 CENTRO DE CARGA PARA ILUMINACION

Para determinar la ubicación teórica del **Centro de carga**

$$LX = \frac{W1 LX1 + W2 LX2 + W3 LX3 + \dots + Wn LXn}{W1 + W2 + W3 + \dots + Wn}$$

$$LX = \frac{6660 + 18660 + 30660 + 42660 + 54660 + 66660 + 78660 + 90660 + 102660}{18000} = 27.33m$$

$$LY = \frac{W1 LY1 + W2 LY2 + W3 LY3 + \dots + Wn LYn}{W1 + W2 + W3 + \dots + Wn}$$

$$LY = \frac{10800 + 32400 + 54000 + 75600 + 97200}{18000} = \frac{270000}{18000} = 15m$$

Por lo tanto nuestro CCM tendrá unas coordenadas de 15m en Y

La carga total instalada en iluminación es 18000 Watts nuestra alimentación será trifásica 4 Hilos 220

$$I = (1.25) (90.9) = 113.6$$

Por medio de tablas el calibre 1/0 con una sección transversal de 53.48mm y una capacidad de conducción de 125 Amperes Hasta el CCM.

Calculando por caída de tensión

Conductor No	Conduce Am	F. C. Temperatura	F. C. Acoplamiento	Conduce	Diámetro	Aprobado
1/0 AWG	125	1	0.8	100	53.48	x
2/0 AWG	145	1	0.8	116	67.43	✓

Calculando el porcentaje de caída de tensión

$$\% \text{ CAIDA} = \frac{(2)(\sqrt{3})(I)(L)}{(67.43)(220)} = \frac{5871.6}{14834.6} = 0.39\%$$

$$S = \frac{(2)(\sqrt{3})(15)(I)}{(4)(220)} = \frac{5902.8}{880} = 67.07\%$$

Como se puede apreciar en la siguiente tabla de calibres de conductores:

CAPACIDAD DE CONDUCCION DE CORRIENTE EN AMPERES DE CONDUCTORES AISLADOS DE 0 A 200 VOLTS Y A TEMPERATURA AMBIENTE 30°C CABLES TW		
CALIBRES AWG	AREA Ø .mm ²	CORRIENTES I (máx.)
16	1.307	-- A
14	2.082	15 A
12	3.307	20 A
10	5.260	30 A
8	8.367	40 A
6	13.30	55 A
4	21.15	70 A
2	33.62	95 A
1	42.41	110 A
1/0	53.48	125 A

4.3 CALCULO DE CONDUCTORES Y TUBERIAS

Con 5 circuitos de 9 lamparas cada uno y una potencia de 3600 Watts por circuito que tendrán una corriente de:

Para el circuito No. 3 y una distancia máxima de 72metros

$$I = \frac{3600}{(220)(0.9)} = 18.18 \text{ Amperes por circuito}$$

Sección transversal necesaria con una caída de un máximo de 4%

$$I = (18.18)(1.25) = 22.72 \text{ Amperes}$$

$$S = \frac{(2)(\sqrt{3})(L)(I)}{(e\%)(Ef)} \quad \text{de donde} \quad S = \frac{(2)(\sqrt{3})(72)(22.72)}{(4)(220)} = \frac{5566.7}{880} = 6.43 \text{ mm}$$

Como se puede ver en la tabla superior el cable 8AWG con una sección transversal de 8.36mm

Conductor No	Conduce Am	F. C. Temperatura	F. C. Acoplamiento	Conduce	Diámetro	Aprobado
8 AWG	40	1	.8	32	8.36	✓

Por caída de tensión:

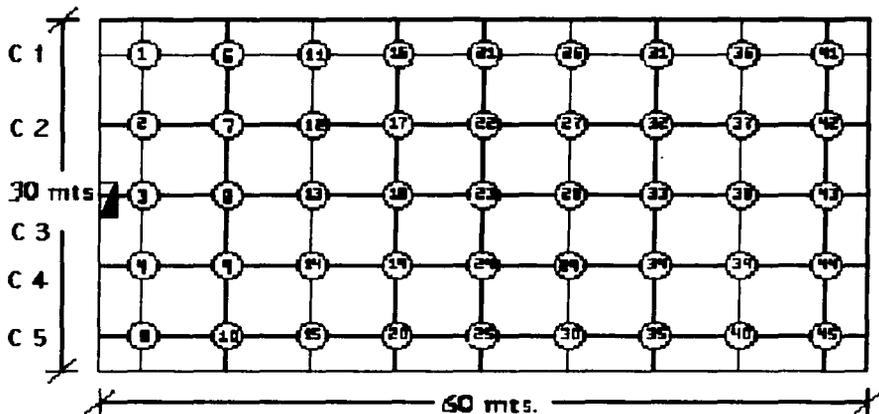
$$e\% \text{ 12AWG} = \frac{(2) (\sqrt{3}) (72) (22.72)}{(8.36) (220)} = \frac{5666.7}{1839.2} = 3.08 \%$$

Calculando para los circuitos mas alejados del centro de carga C1 y C5 (92 mt)

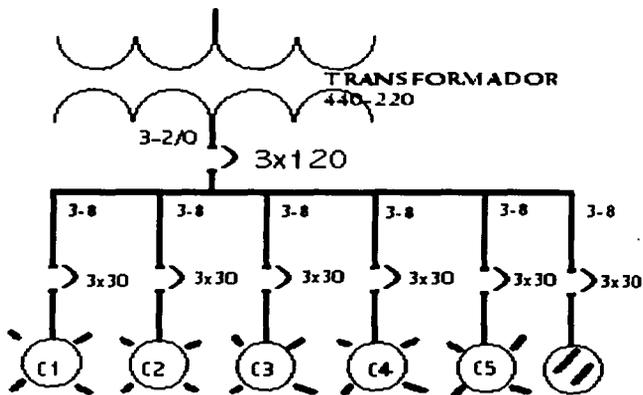
$$.e\% \text{ 8 AWG} = \frac{(2) (\sqrt{3}) (92) (22.7)}{(8.36) (220)} = \frac{7240.8}{1839.2} = 3.9\%$$

Por lo tanto los cinco circuitos de iluminación serán alimentados con cable No 8 AWG debido a que se realiza el calculo del mas alejado y del mas cercano al CCM se protegerá con interruptores termomagneticos de 30Amperes el cable No 8 que de acuerdo a la tabla conduce 40 Amperes con una área de sección transversal de 8.36mm y se utilizara tubería de 19mm Ø para cada circuito.

Distribución de luminarios



4.4 DIAGRAMA UNIFILAR



CONCLUSION

Generalmente cuando se realiza cualquier proyecto se visualiza por la parte de afuera y nunca se da la debida importancia a la cantidad de trabajo que se realizo y la cantidad de personal que participo para el desarrollo del proyecto con éxito, este trabajo fue desarrollado con el propósito de apoyar y ayudar al alumno de IME en áreas importantes como son: Electricidad básica, iluminación e instalaciones eléctricas.

Proporcionando una herramienta útil con la cual se aprendió a facilitar el estudio de proyectos de instalación eléctrica

Con la presentación de esta tesis se ratifican los conocimientos adquiridos en la universidad FES-CUAUTITLAN esperando cumplir los objetivos trazados al inicio del proyecto.

Que sea útil para generaciones futuras que estén interesados en las instalaciones eléctricas así como en la iluminación de naves industriales no solamente en inyección de plásticos sino en ensamble y producción de diversos productos

Esperando haber facilitado así su comprensión para lograr un mejor aprovechamiento de los conocimientos necesarios para proyectos de instalaciones eléctricas industriales

BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

MANUAL DE ILUMINACION

ING. FRANCISCO GUTIERREZ SANTOS

**ILUMINACION E INSTALACIONES
ELECTRICAS**

RODRIGO ANTONIO MENDOZA MORON

INSTALACIONES ELECTRICAS

IBBETSON'S

CIRCUITOS ELECTRICOS

EDMINISTER

INSTALACIONES ELECTRICAS

HARPER

INSTALACIONES ELECTRICAS PRACTICAS

ONESIMO BECERRIL