

1126
89



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

ILUMINACION E INSTALACIONES ELECTRICAS

ELECTROMAGNETISMO APLICADO A LAS INSTALACIONES
ELECTRICAS

TRABAJO DE SEMINARIO

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

PRESENTA:

JOSE LUIS VAZQUEZ HERNANDEZ

ASESOR: ING. RAMON OSORIO GALICIA

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEXICO 2003

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLAN



DEPARTAMENTO DE
EXAMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
P R E S E N T E

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:

Illuminación e Instalaciones Eléctricas

Electromagnetismo Aplicado a las Instalaciones Eléctricas

que presenta el pasante: José Luis Vázquez Hernández

con número de cuenta: 8661609-B para obtener el título de:
Ingeniero Mecánico Electricista

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 17 de Septiembre de 2001

MODULO

PROFESOR

FIRMA

I

Ing. Jaime Rodríguez Martínez

II

Ing. Ramon Osorio Galicia

III

Ing. Casildo Rodríguez Arciniega

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

AGRADECIMIENTO A LA:

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

A MIS PADRES: *Guadalupe y Roberto* les agradezco todo el apoyo que me brindaron, durante todo este tiempo y lo que ahora tengo se los debo a ustedes.

A MIS HERMANOS: Gracias por brindarme todo el apoyo y por estar siempre unidos en las buenas y en las malas.

A MI NOVIA: *Rosalba Fajardo González*
" Con todo mi cariño y mi corazón ".

TESTIS CON
FALLA DE ORIGEN

I N D I C E

CONTENIDO

Introducción

Capítulo I Conceptos Básicos de Electricidad

| | Pag |
|------------------------------|-----|
| 1.1 Carga Eléctrica..... | 7 |
| 1.2 Ley de Coulomb..... | 9 |
| 1.3 Campo Eléctrico..... | 13 |
| 1.4 Potencial Eléctrico..... | 19 |
| 1.5 Resistencia..... | 23 |
| 1.6 Circuitos..... | 25 |

Capítulo II Campo Magnético

| | |
|--|----|
| 2.1 Fuerza Magnética..... | 44 |
| 2.2 Ley de Faraday..... | 46 |
| 2.3 Ley de Gauss para campo Magnético..... | 48 |
| 2.4 Ley de Ampere—Maxwell..... | 50 |

Capítulo III Aplicaciones de los Conceptos de Iluminación

| | |
|---------------------|----|
| 3.1 Luz..... | 51 |
| 3.2 Lámparas..... | 52 |
| 3.3 Luminarios..... | 72 |

Capítulo IV Aplicaciones a Instalaciones Eléctricas

| | |
|---------------------------------|----|
| 4.1 Cálculo de Conductores..... | 81 |
| 4.2 Factor de potencia..... | 81 |
| 4.3 Subestaciones..... | 83 |
| 4.4 Sistemas de Tierras..... | 88 |

| | |
|---------------------------|----|
| <i>Conclusiones</i> | 95 |
|---------------------------|----|

| | |
|---------------------------|----|
| <i>Bibliografía</i> | 96 |
|---------------------------|----|

INTRODUCCIÓN

El electromagnetismo es uno de los temas fundamentales de cualquier plan de estudios de la Ingeniería Eléctrica, el conocimiento de las leyes que rigen los campos eléctricos y magnéticos es indispensable para comprender ciertos fenómenos eléctricos, por lo tanto al comenzar el estudio en este trabajo se opta por mencionar primeramente las partículas y objetos con cargas en reposo, se estudia la interacción entre las cargas eléctricas, así como los campos eléctricos, además de introducir una forma sencilla de obtener el campo a partir del potencial que es una cantidad escalar y que presenta la ventaja de que es muy fácil de medirlo experimentalmente. En lo que se refiere a los circuitos eléctricos se analiza el comportamiento de cargas en movimiento, aplicando los principios universales: el principio de la conservación de la energía y principio de la conservación de la carga que son básicos en dicho estudio.

El electromagnetismo proporciona un entendimiento en el mundo real en forma tridimensional, debido a que representa una parte integral en casi todos los dispositivos eléctricos que se usan en la actualidad en la industria, en la investigación, o en el hogar. Todos los generadores, transformadores, motores, interruptores de circuitos y demás elementos emplean efectos magnéticos para efectuar diversas funciones importantes.

En los años de 1800 el físico danés Hans Christian Oersted descubrió que la aguja de una brújula se desviaba cuando se ponía cerca de un conductor de corriente. Por primera vez se comprobó que la electricidad y el magnetismo estaban relacionados y en ese tiempo el físico francés André—Marie Ampere efectuó experimentos en esta área y desarrolló lo que actualmente se conoce como la ley de los circuitos de Ampere. En los años siguientes, hombres como Michael Faraday, Karl Friedrich Gauss y James Clerk Maxwell siguieron experimentando en esta área y desarrollando muchos de los conceptos básicos del electromagnetismo: los efectos magnéticos inducidos mediante el flujo de una carga o sea una corriente. En este trabajo se menciona de manera muy general algunas aplicaciones en lo referente a campos eléctricos, magnéticos, voltaje, corriente, resistencia, potencia y algunos otros conceptos que se involucran en la iluminación ya que Maxwell también desarrolló la teoría electromagnética de la luz la cual reveló que las ondas electromagnéticas viajan en el aire que abarca otro interesante tema así mismo se tienen aplicaciones en las instalaciones eléctricas.

CAPITULO I. Conceptos básicos de electricidad.

1.1 Carga Eléctrica.

Los cuerpos pueden dividirse y subdividirse en partes más pequeñas, esta subdivisión no es infinita. las sustancias poseen como límite las moléculas. estas están constituidas por átomos y estos por partículas denominadas partículas elementales (protones, electrones y neutrones).

El número de partículas elementales para algunos átomos se indican en la tabla 1.1

| Atomo | Número de Protones | Número de Electrones | Número de Neutrones |
|------------------|--------------------|----------------------|---------------------|
| Hidrógeno | 1 | 1 | 0 |
| Helio | 2 | 2 | 2 |
| Oxígeno | 8 | 8 | 8 |
| Sodio | 11 | 11 | 12 |
| Hierro | 26 | 26 | 20 |
| Uranio | 92 | 92 | 146 |
| Laurencio | 103 | 103 | 154 |

TABLA 1.1

Los protones y los neutrones están localizados compactamente y constituyen el núcleo del átomo. los electrones conforman una envoltura del núcleo atómico.

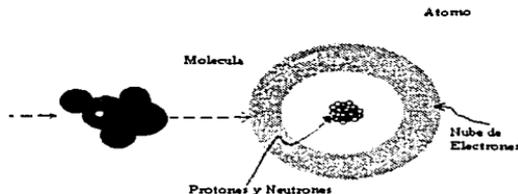


Fig. 1.1.

La subdivisión de sustancias y cuerpo no es infinita. Las sustancias poseen como límite las moléculas, estas están constituidas por átomos y estos por partículas elementales.

La carga es una propiedad fundamental y característica de las partículas elementales que forman la materia. De hecho, toda la materia esta compuesta fundamentalmente de protones, neutrones y electrones, y dos de estas partículas tienen carga.

Hay dos clases de carga, positiva y negativa, la materia contiene aproximadamente cantidades iguales de cada clase. La carga se refiere a la carga neta, o al exceso de carga, cuando un objeto esta cargado tiene un exceso de carga, ya sea un exceso de electrones (negativos) o un exceso de protones (positivos).

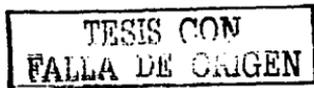
Las partículas elementales se caracterizan, entre otras propiedades, por su masa y por su carga eléctrica (tabla 1.2).

| Partícula | Símbolo | Masa | Carga Eléctrica (C) |
|-----------|----------|-------------------------|------------------------|
| Protón | p | 1.67×10^{-27} | 1.6×10^{-19} |
| Electrón | e | 9.11×10^{-31} | -1.6×10^{-19} |
| Neutrón | n | 1.671×10^{-27} | 0 |

TABLA 1.2

La carga del electrón es negativa mientras que la carga del protón es positiva.

La carga neta de un cuerpo es igual a la diferencia de cargas positivas y negativas que tenga, es posible desequilibrar el número de electrones y de protones si el cuerpo llega a poseer más electrones que protones esta cargado negativamente. Si por el contrario posee más protones que electrones, su carga es positiva, los cuerpos pueden cargarse por frotamiento, por fricción, por inducción y por contacto.



1.2 LEY DE COULOMB.

La ley de Coulomb se aplica a cargas puntuales, una carga puntual es aquella cuyas dimensiones son muy pequeñas, la carga no puede crearse ni destruirse. La carga total de un sistema cerrado no puede cambiar desde el punto de vista microscópico, las cargas pueden reagruparse y cambiarse en distintas formas, sin embargo se establece que la carga neta se conserva en un sistema cerrado.

Dos cargas puntuales ejercen entre sí fuerzas que actúan sobre la línea que las une y que son inversamente proporcionales al cuadrado de su distancia de separación y las fuerzas que se ejercen entre sí son también proporcionales al producto de las cargas, son repulsivas para cargas iguales y atractivas para cargas contrarias.

Carga puntual.- La cantidad básica eléctrica es la carga q una carga aislada está rodeada por un campo eléctrico que ejerce una fuerza en todas direcciones. Así, una carga q_2 a una distancia r de una carga q_1 , la experimenta una fuerza determinada por la ley de Coulomb.

$$F = K \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \cdot \frac{r_{ab}}{r_{ab}}$$

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

Ley de Coulomb.

- F** Fuerza ejercida en ambas cargas.
 q_1 Carga 1
 q_2 Carga 2
r Distancia de separación entre ambas cargas.
K Constante de proporcionalidad.

Cuando las dimensiones de los cuerpos son pequeñas comparadas con la separación entre ellos, se dice que tales cuerpos son cargas eléctricas puntuales.

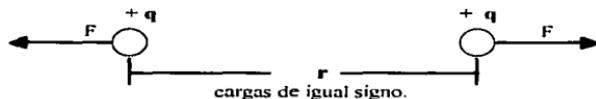


Fig. 1.2

La magnitud de la fuerza con que las cargas puntuales interactúan entre sí depende del valor de la carga $[q]$ y la distancia $[r]$ entre ellas.

De acuerdo con la ley de Coulomb la fuerza (F) será mayor cuanto mayor sean las cargas q_1 y q_2 y disminuye cuando la separación r entre ellas aumenta

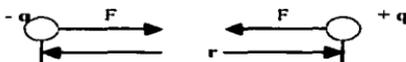


Fig. 1.3

La unidad de carga eléctrica en el SI: está definida por el Coulomb $[C]$ situadas en el vacío a una distancia de 1m. se repelen con una fuerza de 9×10^9 N. Por lo tanto la constante N tiene un valor en el vacío de:

$$K = 9 \times 10^9 \frac{Nm^2}{C^2}$$

$$K = \frac{1}{4\pi} \frac{1}{\epsilon_0}$$

K Constante de proporcionalidad.

ϵ_0 Constante de permitividad del medio (vacío).

$$E_0 = 8.854 \times 10^{-12} \left[\frac{C^2}{N \cdot m^2} \right]$$

$$E_0 = \frac{1}{36\pi} \times 10^{-9} \text{-----(1)}$$

$$K = \frac{1}{4\pi} \text{-----(2)}$$

Sustituyendo (1) en (2) se tiene que

$$K = \frac{1}{4\pi \left[\frac{1}{36\pi} \cdot 10^{-9} \right]}$$

$$K = \frac{1}{\frac{4\pi}{36\pi} \cdot 10^{-9}} = \frac{1}{\frac{4}{36} \cdot 10^{-9}} = \frac{1}{\frac{1}{9} \cdot 10^{-9}}$$

$$K = \frac{9}{1 \cdot 10^{-9}} = 9 \cdot 10^{-9} \cdot 9 \cdot 10^{-9} \quad N \cdot m^2 / C^2$$

$$K = 9 \cdot 10^{-9} \quad \frac{N \cdot m^2}{C^2}$$

Ley de coulomb en forma vectorial

$$F = K \frac{q_1 \cdot q_2}{r^2} \cdot \frac{r_{ab}}{|r_{ab}|}$$

$$r_{ab} = r_a - r_b$$

Donde Γ_{ab} es el vector que va de q_2 a q_1 , r_{ab} es la magnitud de Γ_{ab} .

Se forma un vector unitario en la dirección Γ_{ab} al dividir Γ_{ab} por su magnitud.

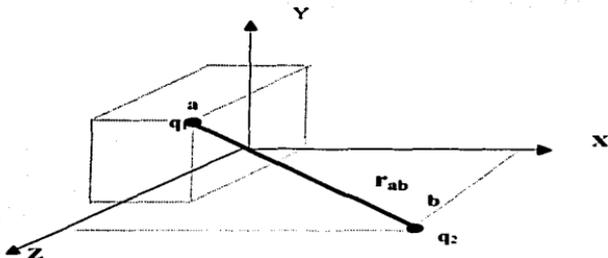


FIG. 1.4

USO DE LA FORMULA DE LA LEY DE COULOMB.

Considerando una carga de 3×10^{-4} C en el punto P(1,2,3) y una carga de 1×10^{-4} en el punto Q(2,0,5), en un vacío.

Datos

$$q_1 = 3 \times 10^{-4} \text{ [C]} \quad P(1,2,3)$$

$$q_2 = 1 \times 10^{-4} \text{ [C]} \quad Q(2,0,5)$$

considerando coordenadas en metros

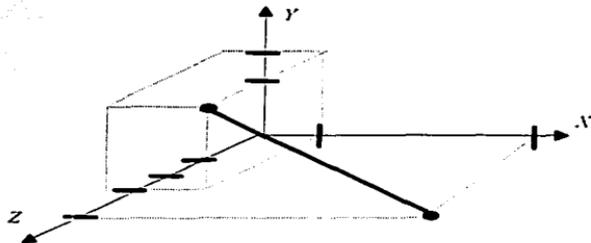


FIG. 1.5

$$F = K \frac{Q_1 \cdot Q_2}{r^2} \cdot \frac{r_{ab}}{|r_{ab}|}$$

$$F = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{r^2} \left[\frac{(3 \times 10^{-4})(1 \times 10^{-4} C)}{(3m)^2} \right] \cdot \left[\frac{(2-1) + (0-2) + (5-3)}{\sqrt{(1)^2 + (-2)^2 + (2)^2}} \right]$$

$$F = 9 \times 10^9 \frac{N \cdot m^2}{r^2} \left[\frac{3 \times 10^{-8} C}{9m^2} \right] \cdot \left[\frac{1-2+2}{3} \right]$$

$$F = \frac{-27 \times 10}{9m^2} \frac{N \cdot m^2}{C^2} \left[\frac{i-2j+2k}{3} \right]$$

$$F = -30N \left[\frac{i-2j+2k}{3} \right]$$

$$F = -10i + 20j - 20k$$

1.3 CAMPO ELECTRICO.

Es la aceleración gravitacional que experimenta un cuerpo de prueba colocado en un punto del espacio. Se considera como la razón de la fuerza electrostática entre el valor de la carga.

$$E = \frac{F_e}{q_0}$$

- E Campo Eléctrico
 F_e Fuerza Electrostática
 q₀ Carga de prueba

El campo eléctrico es tangente a las líneas de fuerza, las líneas de fuerza electrostática se obtiene de cuerpos cargados que están en reposo, son líneas imaginarias las cuales poseen las características siguientes:

- a) La dirección de cualquier línea coincide en cada punto con la dirección del campo eléctrico.

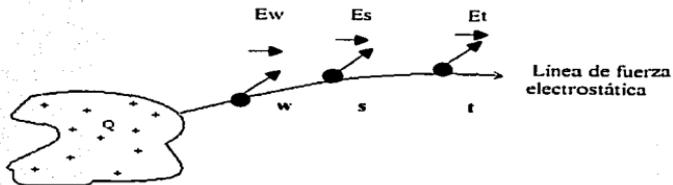


FIG. 1.6

- b) Se dibuja de tal manera que su número es proporcional a la magnitud del campo eléctrico.

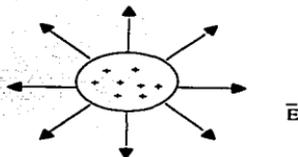


FIG. 1.7

- c) Las líneas de fuerza se originan en las cargas positivas y terminan en las cargas negativas y nunca se cruzan entre sí.

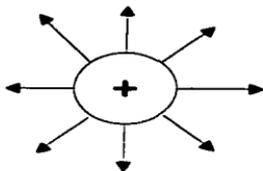


FIG. 1.8 Carga puntual positiva

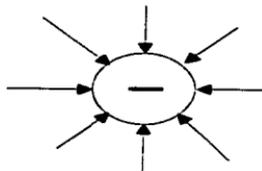


FIG. 1.9 Carga puntual negativa

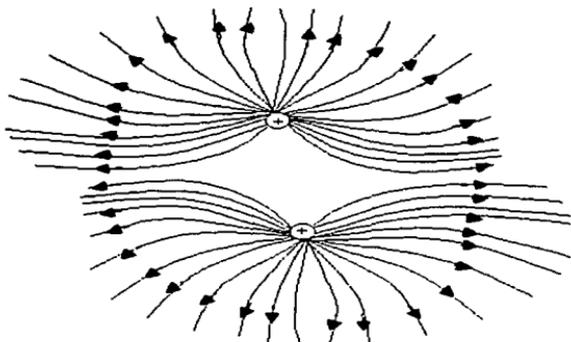


FIG. 1.10 Líneas de fuerza para dos cargas positivas iguales.

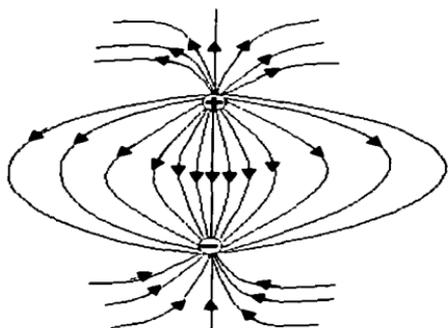


FIG. 1.11 Líneas de fuerza para cargas iguales en magnitud pero signo opuesto.

Campo eléctrico con respecto a un punto. se afirma que a un existe un campo eléctrico en un punto del espacio si al colocar una carga de prueba en ese punto se observa un desplazamiento de la misma.

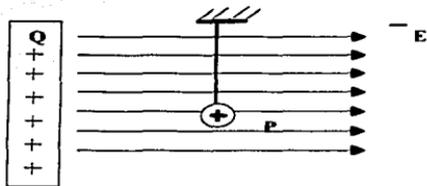


Fig. 1.12

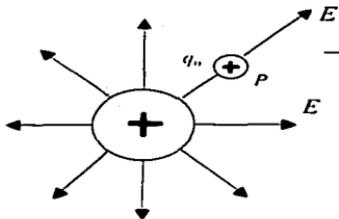


Fig. 1.13

$$E_p = \frac{F_p}{q_0} = \frac{k \frac{q \cdot q_0}{r^2} e_r}{q_0} = K \frac{q}{r^2} e_r \left[\frac{N}{C} \right]$$

e_r - vector unitario

El campo es una cantidad vectorial, el campo eléctrico en un punto debido a varias cargas.

Campo eléctrico para n cargas.

$$E_p = E_1 + E_2 + E_3 + \dots + E_n$$

$$E_T = k \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{r_i^2} \cdot e_{oi}$$

Las cargas están distribuidas ya sea en un volumen, una superficie o una línea por lo cual introducimos el concepto de densidad de carga.

Densidad lineal

$$\rho_L = \frac{Q}{L} \quad [\frac{C}{m}] ; \rho_L = \frac{dq}{dL}$$

Densidad superficial.

$$\rho_S = \frac{Q}{L} \quad [\frac{C}{m^2}] ; \rho_S = \frac{dq}{ds}$$

Densidad volumétrica

$$\rho_V = \frac{Q}{L} \quad [\frac{C}{m^3}] ; \rho_V = \frac{dq}{dv}$$

Campo eléctrico a una distribución de carga.

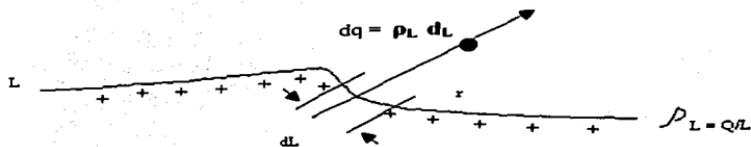


FIG. 1.14

$$E = K \frac{q}{r^2} e_r$$

$$E_r = K \int \frac{dq}{r^2} e_r$$

pero $dq = \rho_L dL$

$$E_r = K \int \frac{\rho_L dL}{r^2} e_r$$

Campo Eléctrico debido a una distribución de carga.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

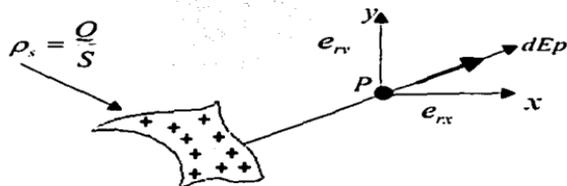


Fig. 1.15

$$ds = \frac{dq}{\rho_s}; dq = \rho_s ds$$

$$E_p = K \iint \frac{dq}{r^2} e_r$$

$$E_p = K \iint \frac{\rho_s ds}{r^2} e_{r'}$$

Campo eléctrico debido a una distribución volumétrica

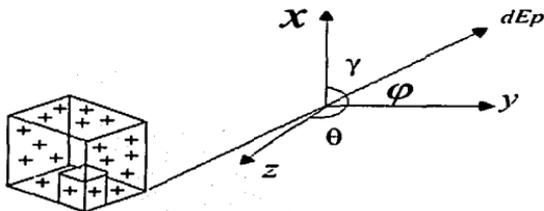


Fig. 1.16

$$dv = \frac{dq}{\rho_v}; dq = \rho_v dv$$

$$E_p = K \iiint \frac{dq}{r^2} e_r$$

$$E_p = K \iiint \frac{\rho_v dv}{r^2} e_r$$

1.4. POTENCIAL ELECTRICO.

El campo eléctrico que rodea una barra cargada no sólo puede describirse con un campo eléctrico (vectorial) E , si no también una cantidad escalar, llamada el potencial eléctrico V . Estas cantidades están íntimamente relacionadas y en general el decir cual de las dos se utiliza en un problema dado es cuestión de conveniencia.

Para calcular la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos A y B en un campo eléctrico, una carga de prueba q_0 se desplaza de A hasta B , manteniéndola constantemente en equilibrio, y se mide el trabajo W_{AB} que tiene que realizar el agente externo que se mueve a la carga.

El potencial eléctrico se define como:

$$V_B - V_A = \frac{W_{AB}}{q_0} \left[\frac{\text{Joule}}{\text{Coul}} \right] = [\text{Volt}; V]$$

W_{AB} Trabajo Para mover a la carga del punto A al punto B.

q_0 Carga de prueba.

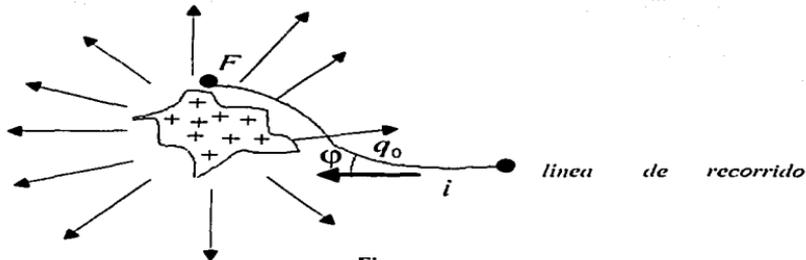
V_A Potencial en el punto A.

V_B Potencial en el punto B.

El trabajo W_{AB} puede ser positivo, negativo o cero.

El potencial eléctrico es un escalar debido a que el trabajo W y la carga de prueba q_0 son escalares. Tanto W_{AB} como $V_A - V_B$ son independientes de la trayectoria seguida al mover a la carga de prueba desde el punto A hasta el punto B.

Sea una región del espacio vacío (aire) en la cual esta presente un campo eléctrico uniforme.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Cuerpo cargado

F .- vector fuerza

q_0 .- Carga unitaria de prueba

$dw = F \cdot dl$ [$N \cdot m = \text{Joul}$] diferencia l de trabajo

$W_i = \text{Trabajo}$

$$W_{i \rightarrow f} = \int_i^f dw = \int_i^f F \cdot dl$$

$$W_{i \rightarrow f} = \int_i^f |F| \cos \varphi |dl|$$

$$F_E = q_0 E; \text{ donde } E = \frac{F_E}{q_0}$$

F_E .- Fuerza eléctrica .

$$F = F_E = q_0 \cdot E$$

$$W_{i \rightarrow f} = \int_i^f (-q \cdot E) \cdot dl = -q_0 \int_i^f E \cdot dl; [J]$$

Si el campo E es conservativo ausencia de la componente de F en la dirección de dl .

$$W = U; (\text{energía})$$

$$U = -q_0 \int_i^f F \cdot dl$$

Se define la razón del trabajo realizado a la carga transportada como diferencia de potencial.

$$\frac{W_i - f}{q_0} = - \int_i^f E \cdot dl = V_i - f$$

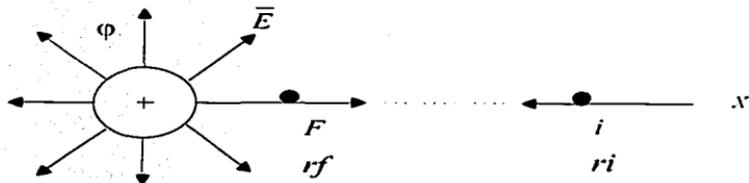
$$V_i - f [\text{volt. } v]$$

$$V_i - f = - \int_i^f E \cdot dl; [V]$$

$$V_f - V_i = - \int_i^f E \cdot dl; [V]$$

Partiendo

$$V_i - f = - \int_i^f E \cdot dl; [V]$$



$$V_i - f = \int_i^f \left(\frac{1}{4\pi \epsilon_0} \cdot \frac{Q}{r^2} \right) dl \cdot i$$

$$i \cdot i = 1$$

cambíase var iable

$$dl = dx = dr$$

$$V_i - f = - \frac{Q}{4\pi \epsilon_0} \int_i^f \frac{dr}{r^2} = - \frac{Q}{4\pi \epsilon_0} \left[-\frac{1}{r} \right]$$

int egrando $\frac{dr}{r^2}$

$$\int \frac{dr}{r^2} = \int r^{-2} dr = \frac{r^{-2+1}}{-2+1} = \frac{r^{-1}}{-1} = -\frac{1}{r}$$

$$V_i - f = \frac{Q}{4\pi \epsilon_0} \left[\frac{1}{rf} - \frac{1}{ri} \right]$$

$$V_f - V_i = \frac{Q}{4\pi \epsilon_0 rf} - \frac{Q}{4\pi \epsilon_0 ri}$$

$$V_f = \frac{Q}{4\pi \epsilon_0 rf}$$

Potencial eléctrico del punto F

$$V_i = \frac{Q}{4\pi \epsilon_0 ri}$$

Potencial eléctrico del punto i

$$V_i = V_f - V_i$$

Diferencia de potencial eléctrico entre F e i

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

1.5 RESISTENCIA.

El flujo de la carga a través de cualquier material encuentra opuesta similar, en muchos aspectos, a la fricción mecánica. Esta opción, debida a las colisiones entre electrones, y con otros átomos del material, que transforma la energía eléctrica en calor, se denomina resistencia de material.

La unidad de medida de la resistencia es el ohm, cuyo símbolo es Ω .

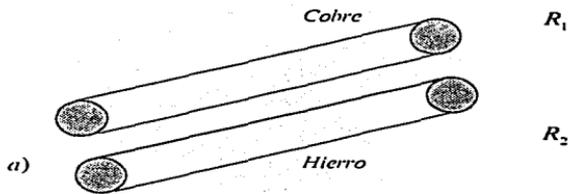


La resistencia de cualquier material con un área uniforme de su corte transversal se determina por los cuatro factores siguientes.

1. Tipo de material.
2. Longitud.
3. Área de la sección transversal.
4. Temperatura.

Para los alambres del mismo tamaño físico y a la misma temperatura, la resistencia relativa se determina sólo por medio del tipo de material. Un aumento de la longitud dará como resultado un incremento de la resistencia para áreas similares, el mismo material y la misma temperatura. El aumento del área cuando las variables determinantes restantes permanezcan iguales, dará como resultado una disminución de la resistencia.

Finalmente, el número de la temperatura para alambres metálicos de construcción idéntica y el mismo material, dará como resultado una mayor resistencia.



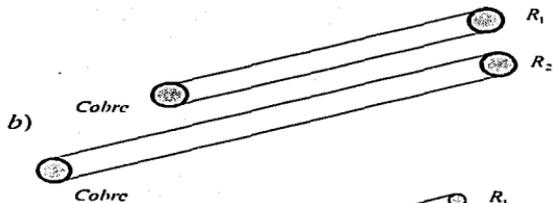
$$T_1 = T_2$$

$$A_1 = A_2$$

$$\rho_2 > \rho_1$$

$$L_1 = L_2$$

$$R_2 > R_1$$



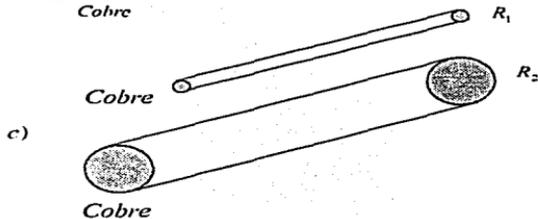
$$T_1 = T_2$$

$$A_1 = A_2$$

$$\rho_1 = \rho_2$$

$$L_1 > L_2$$

$$R_2 > R_1$$

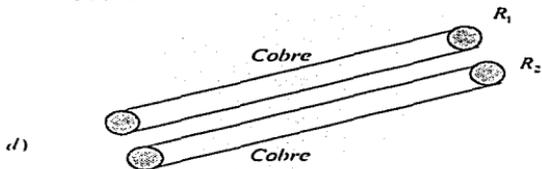


$$T_1 > T_2$$

$$A_2 = A_1$$

$$\rho_1 = \rho_2$$

$$R_1 > R_2$$



$$T_1 = T_2$$

$$A_2 = A_1$$

$$\rho_1 = \rho_2$$

$$L_1 = L_2$$

$$R_1 = R_2$$

La resistencia es directamente proporcional a la longitud e inversamente proporcional al área. La resistencia de un conductor a 20° C se expresa mediante la ecuación siguiente:

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

T = Temperatura

R = Ohms

A = Área de sección de corte transversal

ρ = Resistividad eléctrica del material

A = πr^2

r = radio

d = diámetro

1.6. CIRCUITOS.

Elementos productores de energía eléctrica y elementos consumidores o de almacenamiento (resistencia, inductancia y capacitores), convenientemente unidos mediante conductores, constituyen lo que se designa por circuitos eléctricos.

Hay que distinguir los elementos activos de los pasivos, se entenderá por elementos activos a las fuentes de energía eléctrica por brevedad fuentes, que, en los circuitos, actúan como causa o factores motivantes. Por un criterio práctico, se clasifican en fuentes de tensión y fuentes de corriente.

Además existen los elementotes pasivos, estos elementos son consumidores o almacenamientos de energía, se trata de resistencias, inductancias y capacitores.

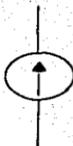
Fuentes de energía son los elementos que introducen energía eléctrica en los circuitos. Tal aportación es el resultado de la transformación de otras formas energéticas. Por simplicidad, se empieza por el estudio de fuentes de energía continua, entendiéndose por tales las que crean transmisiones o corrientes constantes.

Fuente de tensión. Es un elemento activo del circuito que crea tensión constante E.



Fuente de tensión

Fuente de corriente. Es un elemento activo del circuito que crea una intensidad constante.



Fuente de corriente

LEY DE OHM.

En los circuitos eléctricos, el efecto que intentamos establecer es el flujo de carga o corriente. La diferencia de potencial entre dos puntos es la causa de ese flujo de carga y la oposición a este es la resistencia encontrada.

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

$I = \text{Amperes}; [A]$

$E = \text{Volts}; [V]$

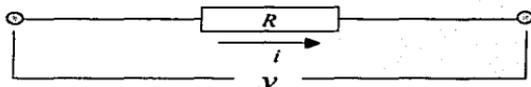
$R = \text{Ohms}; [\Omega]$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

POTENCIA.

La potencia es una indicación de la cantidad de trabajo o energía que se puede requerir en una cantidad específica de tiempo.

$$P = vi; [\text{volt. Ampere} = \text{wats}; w]$$



CASO PARTICULAR

Para una resistencia eléctrica.



$$P_r = V_R i_R; [W]$$

$$V_R = R i_R$$

$$i_R = \frac{V_R}{R}$$

$$P_r = (R i_R) i_R = R i_R^2; [W]$$

Para una resistencia variable $V_R = i_R R$

$$du = i_R (i_R R) dt$$

$$du = R i_R^2 dt$$

Integrando.

$$U_R(t) = \int du = R \int_0^t i_R^2(t) dt; [J]$$

$$P_R = \left(\frac{V_R}{R} \right) = \frac{V_R}{R}; [W]$$

Para la fuente.

$$P_f = V_f i_f; [W]$$

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

$$P = \text{Potencia}; [W]$$

$$U = \text{Energia}; [\text{Joule}; J]$$

$$t = \text{Tiempo}; [S]$$

$$\left[W = \frac{J}{S} \right]$$

$$P = \frac{du}{dt}$$

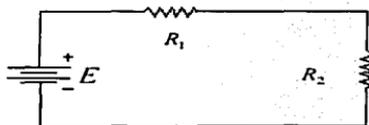
$$P = iv$$

$$P = \frac{du}{dt} = iv; \quad i = \frac{dq}{dt} v$$

$$P_{,u} = du = i v_{,u}$$

CIRCUITOS SERIE.

Un circuito en serie consiste en cierto número de elementos unidos en puntos terminales, proporcionando por lo menos una trayectoria cerrada por la que puede fluir una carga.

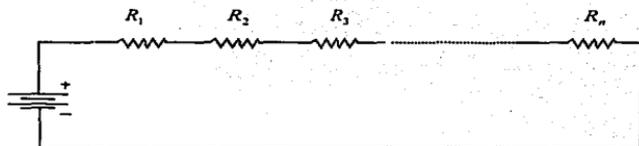


$$R_T = R_1 + R_2$$

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

circuito en serie

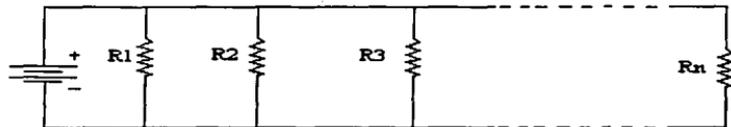
Para "n" resistencias.



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

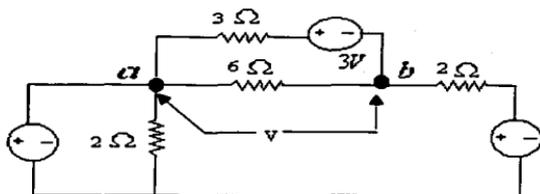
Circuitos en paralelo.

Dos elementos o ramas están en paralelo cuando tienen dos puntos en común.



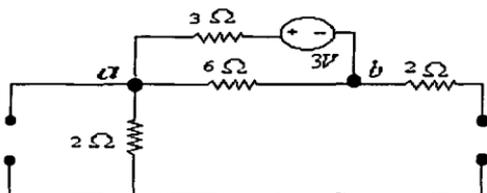
$$R_T = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}}$$

PRINCIPIO DE SUPERPOSICIÓN.

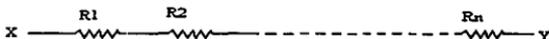
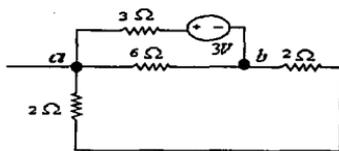


TEOREMA DE SUPERPOSICIÓN.

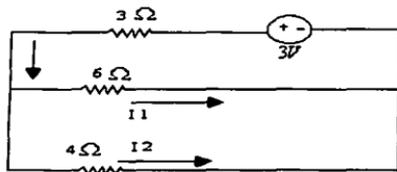
En cualquier circuito que contenga varias fuentes, el voltaje entre terminales o la corriente a través de cualquier resistencia o fuente se puede calcular sumando algebraicamente todos los voltajes o corrientes individuales causados por las fuentes independientes separadas, actuando individualmente, es decir, con todas las demás fuentes independientes de voltaje sustituidas por cortos circuitos, y con todas las demás fuentes independientes de corriente sustituidas por circuitos abiertos.



Encontrar la diferencia de potencial entre a y b.



$$R_T = R_1 + R_2 + \dots + R_n = \sum_{j=1}^n R_j (\Omega)$$



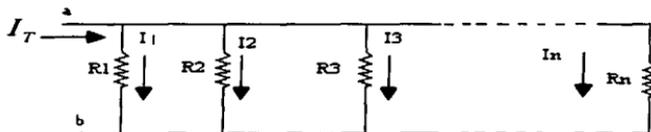
$$I_T = I_1 + I_2$$

$$V_a - b = V_{R_{6\Omega}} = I_1 R_{6\Omega} [V]$$

DIVISOR DE CORRIENTE.

REGLA DE DIVISOR DE CORRIENTE.

Deduciremos esta regla mediante la utilización de la red representativa de la siguiente fig.



$$V_{a-b} = V_{R1} = V_{R2} = \dots \dots \dots V_{RN}$$

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 + \dots \dots \dots I_N$$

$$I_1 = \frac{V_{R1}}{R_1}; I_2 = \frac{V_{R2}}{R_2}; I_{RN} = \frac{V_{RN}}{R_N}$$

$$V_{a-b} = Vf \dots \dots \dots \text{Voltaje de la fuente}$$

La corriente de entrada I es igual a V/R_T , donde R_T es la resistencia total de las derivaciones en paralelo. Sustituyendo $V = I_x R_x$ donde I_x se refiere a la corriente a través de una rama paralela del resistor R_x ,

$$I = \frac{V}{R_T} = \frac{I_x R_x}{R_T}$$
$$I = \frac{R_T}{R_x} I_x$$

Que es la forma general de la regla de divisor de corriente. En otras palabras, la corriente que pasa por cualquier derivación en paralelo es igual al producto de la resistencia total de las derivaciones paralelas y la corriente de entrada, dividido entre el resistor de derivación a través del cual se desea determinar la corriente.

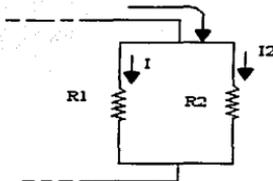
Para la corriente I_1

$$I_1 = \frac{R_T}{R_1} I$$

Para la corriente I_2

$$I_2 = \frac{R_T}{R_2} I$$

Para el caso particular de dos resistencias en paralelo: como se muestra en la siguiente fig.



$$R_T = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

$$I_1 = \frac{R_T}{R_1} I = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} I$$

$$I_1 = \frac{R_2 I}{R_1 + R_2}$$

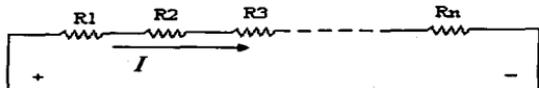
$$I_2 = \frac{R_1 I}{R_1 + R_2}$$

Para dos derivaciones paralelas, la corriente que pasa por cualquier derivación es igual al producto de la otra resistencia en paralelo y a la corriente de entrada dividido entre la suma de las dos resistencias en paralelo.

DIVISOR DE VOLTAJE

REGLA DE DIVISOR DE VOLTAJE.

La evaluación de la tensión que pasa por una resistencia o cualquier combinación de resistencias en un circuito en serie se puede reducir a un solo elemento utilizando la regla del divisor de voltaje. La prueba, que es muy corta y directa, se desarrolla con el circuito siguiente.



- a) Resistencia total; $R_T = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$
- b) Corriente; $I = V/R_T$.
- c) Tensión a través del resistor R_x (donde x puede ser cualquier número del 1 a n) $V_x = I R_x$
- d) la tensión a través de dos o mas resistores en serie tienen una resistencia total igual a R_T : $I R_T$
- e) Se sustituye I del inciso (b). En las ecuaciones de los incisos c) y d).

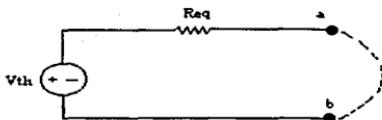
Regla del divisor de voltaje.

$$V_x = \frac{R_x}{R_T} V_T$$
$$V_T = \frac{R_T}{R_T} V_T$$

La regla indica, que para un circuito en serie, el voltaje que existe en cualquier resistencia (o alguna combinación de resistencias en serie es igual al valor de esa resistencia (o a la suma de dos o más resistencias en serie) multiplicado por la diferencia de potencial de todo el circuito en serie y dividido entre la resistencia total del circuito.

TEOREMA DE THEVENIN.

Cualquier red bilateral de cd de dos terminales se puede remplazar con un circuito equivalente que consiste en una fuente de voltaje y una resistencia en serie, como se muestra en la figura.



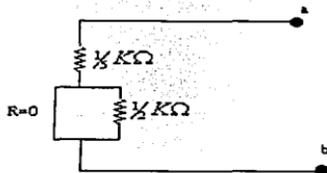
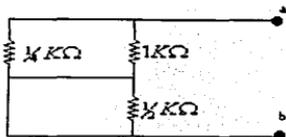
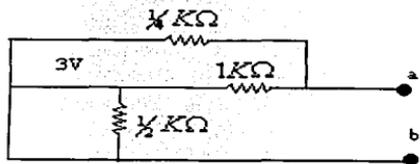
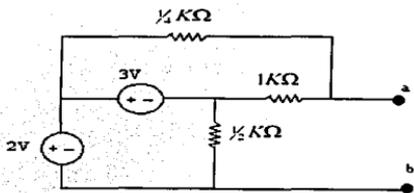
Circuito abierto entre a y b.

Procedimiento:

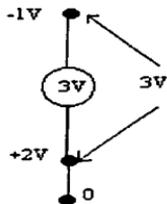
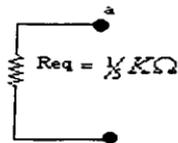
- Se encuentra la resistencia equivalente entre a y b eliminando las fuentes activas.
- Se encuentra el voltaje equivalente entre los puntos a y b (a circuito abierto).

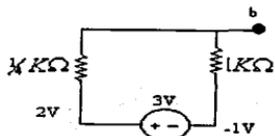
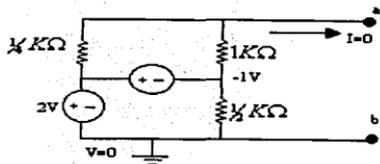
Este teorema permite alcanzar objetivos importante:

- Nos permite encontrar cualquier corriente en una red lineal con una, dos o cualquier número de fuentes.
- Nos permite concentrarnos en una porción específica de una red, reemplazando la red restante con un circuito equivalente.



$$\frac{\frac{1}{4} (I)}{\frac{1}{4} + 1} = \frac{1}{\frac{5}{4}} = \frac{4}{20} = \frac{1}{5} [\Omega]$$

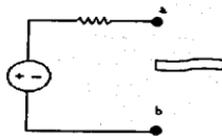
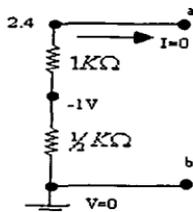




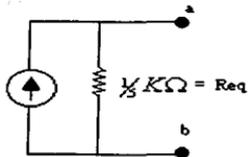
partidor de voltaje.

$$V_1 = 1 \left[\frac{3}{\frac{1}{4} + 1} \right] = \frac{3}{5} = \frac{12}{5} [V]$$

$$V_1 = 2.4 [V]$$



Equivalente de Norton

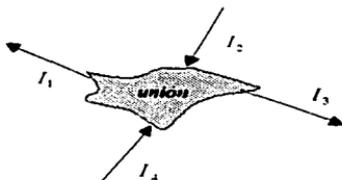


$$I_f = \frac{V_{th}}{R_{eq}} = \frac{1.4}{0.2} = 0.7 [A]$$

LEY DE CORRIENTES DE KIRCHHOFF.

Esta ley me proporciona una relación entre los niveles de corriente en cualquier unión, y plantea que es cero la suma algebraica de las corrientes que entran y salen de un área, sistema o unión (*la suma de las corrientes que entran en una unión, es igual a la suma de las corrientes que salen de la misma*).

$$\sum I_{\text{entrada}} = \sum I_{\text{salida}}$$

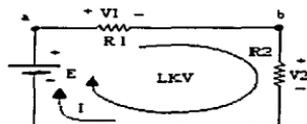


$$I_2 + I_4 = I_1 + I_3$$

LA LEY DE VOLTAJE DE KIRCHHOFF.

Esta ley indica que la suma algebraica de las elevaciones y caídas de voltaje a través de una malla (o trayectoria cerrada), es cero (el voltaje aplicado de un circuito en serie es igual a la suma de las caídas de voltaje a través de los elementos en serie).

Una malla es cualquier trayectoria continua que sale de un punto en una dirección y regresa al mismo punto desde otra sin abandonar el circuito.



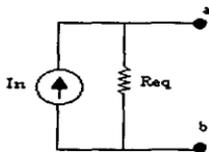
$$\sum V_{\text{elevaciones}} = \sum V_{\text{caídas}}$$

$$+E - V_1 - V_2 = 0$$

$$E = V_1 + V_2$$

TEOREMA DE NORTON

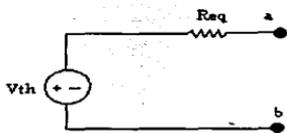
Una red con resistencias que contenga una o más fuentes de voltaje o corriente puede reemplazarse por una fuente única de corriente y una resistencia en paralelo.



Corto circuito entre a y b

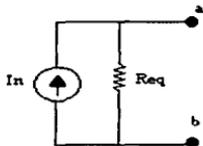
$I_{cc} = I_N$ (Corriente de Norton).

Para un mismo circuito.



Equivalente de thevenin

$$V_{th} = I_N R_{eq}$$

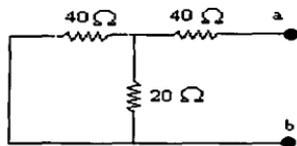
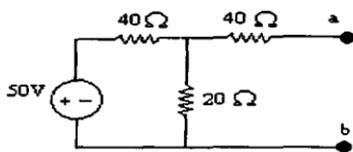


Equivalente de Norton

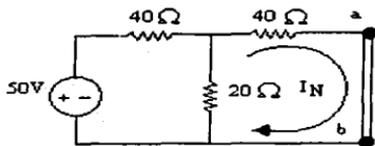
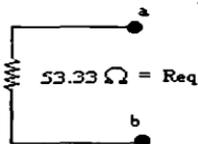
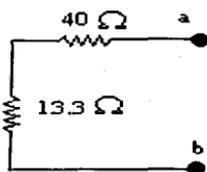
$$I_N = V_{th} / R_{eq}$$

Procedimiento

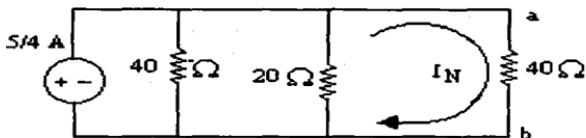
- 1.- Se encuentra la resistencia equivalente entre los puntos de interés anulando fuentes.
- 2.- Se encuentra la corriente de Norton con un corto circuito entre los puntos de interés.



$$\frac{(40)(20)}{40+20} = \frac{800}{60} = 13.33 \Omega$$

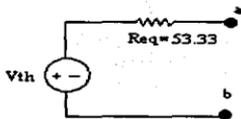
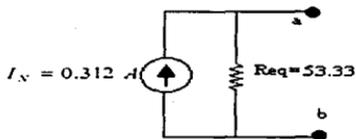


$$I_F = \frac{50}{40} = \frac{5}{4} A$$



$$I_N = I_{40} = \left[\frac{\frac{5}{4}}{\frac{1}{40} + \frac{1}{20} + \frac{1}{40}} \right] = \frac{1}{40} \left[\frac{\frac{5}{4}}{\frac{1+2+1}{40}} \right] = \frac{1}{40} \left[\frac{\frac{5}{4}}{\frac{4}{40}} \right] = \frac{1}{40} \left[\frac{200}{16} \right] = \frac{200}{16}$$

$$I_N = 0.3121 \text{ A}$$



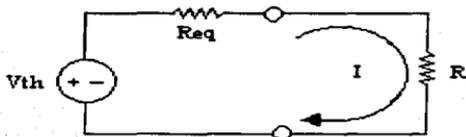
$$V_{th} = I_N R_{eq} = 0.312(53.33) [V]$$

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

TEOREMA DE MÁXIMA TRANSFERENCIA DE POTENCIA.

Este teorema establece que:

Una carga recibirá la máxima potencia de una red lineal bilateral de c.d. cuando su valor resistivo total sea exactamente igual a la resistencia de thevenin de la red, vista desde la carga



$$I = \frac{V_{th}}{R + R_{eq}}$$

$$P_R = RI^2R = \frac{V_R^2}{R} = V_R I_R \quad [W]$$

$$P_R = R \left[\frac{V_{th}}{R + R_{eq}} \right]^2$$

$$P_R = \frac{RV_{th}^2}{(R + R_{eq})^2}$$

Recordando del "cálculo diferencial" dada una función se obtiene un máximo derivando la función respecto de la variable de interés e igualando a cero.

Para el caso la variable de interés es R (carga).

$$\frac{d(P_R)}{dR} = 0; \frac{d}{dR} \left[\frac{RV_{th}^2}{(R + R_{eq})^2} \right]$$

Se tiene la derivada de un cociente.

$$\frac{d}{dx} \left[\frac{u}{v} \right] = \frac{v \frac{du}{dx} - u \frac{dv}{dx}}{v^2}$$

Para el caso.

$$U = R V_{th}^2$$

$$V = (R + R_{eq})^2$$

Por lo tanto.

$$0 = \frac{(R + R_{eq})^2 \frac{d}{dR} [R V_{th}^2] - R V_{th}^2 \frac{d}{dR} (R + R_{eq})^2}{[(R + R_{eq})^2]^2}$$

$$0 = (R + R_{eq})^2 V_{th}^2 - R V_{th}^2 [2(R + R_{eq})]$$

$$0 = V_{th}^2 [(R + R_{eq})^2 - 2R(R + R_{eq})]$$

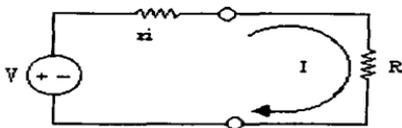
$$0 = (R + R_{eq})^2 - 2R(R + R_{eq})$$

$$0 = (R + R_{eq}) [(R + R_{eq}) - 2R]$$

$$0 = (R + R_{eq}) - 2R$$

$$R_{eq} = R$$

Para la máxima transferencia de potencia, la resistencia de la carga debe ser igual a la resistencia equivalente del circuito.



Para la máxima transferencia de energía

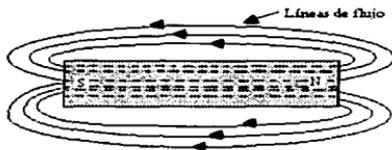
$$R = ri$$

R = Resistencia de carga

ri = Resistencia interna

Capítulo II. – Campo Magnético.

Todo imán está rodeado por un espacio en el cual sus efectos magnéticos están presentes; tales regiones se llaman **campos magnéticos**. Al igual que las líneas de campo eléctrico fueron útiles para describir campos eléctricos, líneas de campo magnético, llamadas **líneas de flujo**, resultan útiles en la visualización de campos magnéticos. La dirección de la fuerza magnética que ejerce su acción sobre un polo norte imaginario, sin embargo las líneas de flujo magnético no tienen puntos de origen o terminales como las líneas de flujo eléctrico, sino existen en ciclos continuos.



2.1. Fuerza magnética.

Oersted demostró que una corriente ejerce una fuerza sobre la aguja de la brújula, para establecer que esto era interacción puramente magnética. **Ampere** quitó la brújula, pasó una corriente a través de dos alambres paralelos, uno de los cuales estaba suspendido de modo que pudiera oscilar como respuesta al campo magnético de la otra, y osciló. Como las corrientes ejercen fuerzas sobre los imanes, éstos deberían ejercer fuerza sobre las corrientes de acuerdo con la tercera Ley de Newton.

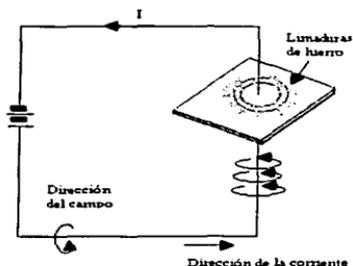
Una partícula cargada, esté en reposo o en movimiento, tiene un campo eléctrico, lo cual no es más que decir que las cargas interactúan eléctricamente. La teoría especial de la relatividad explica que el magnetismo generado por la corriente es una faceta de la electricidad, es una modificación de la interacción eléctrica causada por el movimiento relativo que se traduce como **fuerza magnética**.

Una **fuerza magnética** puede generarse por cargas eléctricas en movimiento, y una fuerza eléctrica por un campo magnético en movimiento. La operación de motores. La operación de motores eléctricos, generadores, transformadores, disyuntores de circuito, y

la mayor parte de los medidores eléctricos depende de la relación que hay entre las fuerzas magnéticas y eléctricas.

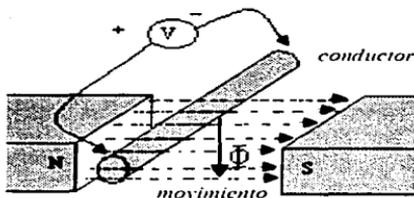
El experimento de **Oersted** demostró que una carga eléctrica en movimiento o una corriente origina un campo magnético en el espacio que la rodea, por lo tanto el experimento se estudia la fuerza de tal campo ejercerá sobre un conductor por el cual circula una corriente o sobre una carga en movimiento en el campo.

Desde luego que también se calculan los campos magnéticos que producen las corrientes eléctricas, primero examinando la densidad del flujo que rodea al conductor recto largo por el cual fluye una corriente constante, si se aparecen limaduras de hierro sobre el papel que rodea al alambre como se muestra en la siguiente figura, las limaduras se alinearán en círculos concéntricos alrededor del alambre. Mediante una investigación análoga del área que rodea el alambre con una brújula magnética se ratificará que el campo magnético es circular y dirigido en el sentido de las manecillas del reloj, como se ve a lo largo de la dirección de la corriente convencional (positiva). Un método conveniente ideado por Ampere para determinar la dirección de campo que rodea a un conductor recto se llama regla del pulgar de la mano derecha "si el alambre se toma con la mano derecha de tal modo que el pulgar apunte en la dirección de la corriente convencional, los demás dedos que sujetan al conducto indicarán la dirección del campo magnético"



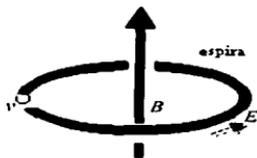
2.2. Ley de Faraday.

Faraday descubrió que cuando un conductor corta líneas de flujo magnético se produce una fem entre los puntos extremos del conductor, es decir si un conductor se mueve por un campo magnético de modo que corte las líneas de flujo, se inducirá un voltaje por el conductor, y entre mayor sea la cantidad de líneas de flujo cortadas por unidad de tiempo (incrementando la velocidad con la cual el conductor pasa por el campo) o entre mas fuerte sea la fuerza del campo magnético (para la misma velocidad de recorrido), mayor será el voltaje inducido por el conductor. Si el conductor se mantiene fijo y el campo magnético se mueve para que sus líneas de flujo corten el conductor producirá el mismo efecto.



Como se mencionará más adelante una corriente eléctrica estable I produce un campo magnético estable H como esta dado por la **Ley de Ampere**. Pero un campo magnético estable no producirá una corriente eléctrica. Sin embargo **un campo magnético cambiante** si producirá así, un flujo magnético cambiante a través de una espira cerrada, produce una fem o voltaje en las terminales.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Lo antes mencionado esta dado por.

$$v = - \frac{d \psi_m}{dt}$$

donde el voltaje es la integral del campo eléctrico E alrededor de a espira para un campo magnético uniforme $\psi_m = BA$, donde $A = \text{área de la espira}$ en forma más general, se tiene

$$v = \int E \cdot dL = - \iint \frac{\partial B}{\partial t} \cdot ds \quad (V) \quad \text{Ley de Faraday}$$

donde $\int E \cdot dL = \text{integral de Línea de } E \text{ alrededor de la espira, } V$

$\iint \frac{\partial B}{\partial t} \cdot ds = \text{integral de superficie de } \frac{\partial B}{\partial t} \text{ sobre el área de } A \text{ de la espira, } V$

así, el campo magnético cambiante produce un campo eléctrico cambiante E , el cual se suma alrededor de la espira a un voltaje cambiante en las terminales de la espira. Al cerrar las terminales, una corriente que varía en el tiempo fluye en la espira.

La Ley de Faraday establece que la integral de línea del campo eléctrico alrededor de una espira estacionaria, es igual a la integral de superficie (negativa) de la razón de cambio de la densidad de flujo magnético \mathbf{B} con respecto al tiempo sobre la superficie, integrada sobre el área de la espira.

El flujo total a través de un circuito, es igual a la integral de la componente normal de la densidad de flujo \mathbf{B} sobre la superficie acotada por el circuito. Esto es el flujo magnético total esta dado por

$$\psi_m = \iint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = \int \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s}$$

2.3. Ley de Gauss para campo magnético.

El flujo magnético ψ a través de un área superficial es la integral de la componente normal de campo magnético por μ sobre el área. Así,

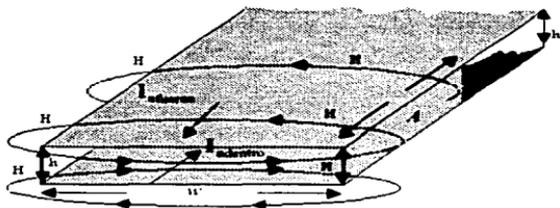
$$\psi_m = \iint \mu H \cdot d\mathbf{s} \quad (\text{webers, } Wb)$$

Donde:

μ = permeabilidad del medio, henrys / metro ($H \text{ m}^{-1}$).

En el campo (supuesto) uniforme \mathbf{H} entre las dos cintas de la línea de transmisión representada en la siguiente figura, la integral se reduce a un simple producto escalar. Así, el flujo magnético sobre el área A ($= hl$) es

$$\psi_m = \mu H hl = \mu I H A \quad (Wb)$$



Al dividir el flujo magnético entre el área A se obtiene la densidad de flujo magnético B o flujo por unidad de área. De esta manera,

$$B = \frac{\Psi}{A} = \mu H \quad (\text{Wb m}^{-2} \text{ o teslas, } T)$$

En general, el flujo magnético B tiene la misma dirección que H en medios isotrópicos con una magnitud μH , o

$$B = \mu H = \mu_r \mu_0 H \quad (\text{Wb m}^{-2} \text{ o } T)$$

Donde:

B = densidad de flujo magnético, Wb m^{-2}

H = campo magnético, A m^{-1}

μ_0 = permeabilidad del aire o vacío = $4\pi 10^{-7} \text{ H m}^{-1}$

μ_r = μ / μ_0 permeabilidad relativa (= 1 para el aire).

Puesto que las líneas de campos magnéticos son espiras cerradas, se concluye que el número de líneas que salen y entran a un volumen, o que la integral de \mathbf{B} sobre una *superficie cerrada es cero*. Por lo tanto,

$$\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = 0 \quad \text{Ley de Gauss para los campos magnéticos}$$

2.4. Ley de Ampere—Maxwell.

En 1873 el profesor **James Clerk Maxwell** de la Universidad de Cambridge, Inglaterra, asoció las Leyes de Ampere, Faraday y Gauss (para campos magnéticos y eléctricos), en un conjunto de cuatro ecuaciones que se denominan *Ecuaciones de Maxwell*. Maxwell unificó la teoría electromagnética. Agregó también otro término a la Ley de Ampere, para incluir el cambio del desplazamiento de la densidad de corriente. Las ecuaciones son una generalización de los experimentos electromagnéticos observados.

Estas ecuaciones, como se ha derivado tanto en forma diferencial e integral, se enlistan en seguida. Las ecuaciones integrales tienen integrales de línea, de superficie y de volumen. Las ecuaciones diferenciales que involucran divergencia y rotacional se aplican en un punto.

| Ley | Forma integral | Forma diferencial |
|---------------------------------|---|--|
| Ampere | $\oint \mathbf{H} \cdot d\mathbf{L} = \int \left(\mathbf{J} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t} \right) \cdot d\mathbf{s} = I_{\text{total}}$ | $\nabla \times \mathbf{H} = \mathbf{J} + \frac{\partial \mathbf{D}}{\partial t}$ |
| Faraday | $\oint \mathbf{E} \cdot d\mathbf{L} = - \int \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t} \cdot d\mathbf{s} = \mathcal{V}$ | $\nabla \times \mathbf{E} = - \frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$ |
| de Gauss para campos eléctricos | $\oint \mathbf{D} \cdot d\mathbf{s} = \int \rho \, dv = Q$ | $\nabla \cdot \mathbf{D} = \rho$ |
| de Gauss para campos magnéticos | $\oint \mathbf{B} \cdot d\mathbf{s} = 0$ | $\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$ |

CAPITULO III. APLICACIONES DE LOS CONCEPTOS DE ILUMINACIÓN.

3.1 Luz.

A fines del siglo XVII se plantearon dos teorías para explicar la naturaleza de la luz, la teoría de partículas (corpúscular) y la teoría ondulatoria. Quien apoyaba firmemente la teoría corpúscular de la luz era Sir Isaac Newton. La teoría ondulatoria fue desarrollada por Christian Huygens (matemático y científico holandés) 13 años mayor que Isaac Newton.

Las tres principales características de la luz son:

1. *Propagación rectilínea:* La luz viaja en línea recta.
2. *Reflexión:* Cuando la luz incide sobre la superficie lisa, aquella retorna al medio original.
3. *Refracción:* La trayectoria de la luz cambia cuando entra en un medio transparente.

De acuerdo con la teoría corpúscular, se consideraba que partículas muy pequeñas de masa despreciable eran emitidas por fuentes de luz como el sol o una llama. Dichas partículas viajaban hacia fuera de la fuente en líneas rectas y a gran velocidad. Cuando las partículas entraban al ojo, estimulaba el sentido de la visión. La propagación rectilínea se explicaba fácilmente en términos de partículas.

Por lo tanto el principio de Huygens establece que: Cualquier punto de un frente de onda que avanza puede considerarse como una fuente de ondas secundarias llamadas pequeñas olas. La nueva posición del frente de onda envuelve a las pequeñas ondas emitidas desde todos los puntos del frente de onda en su posición previa.

Iluminación.

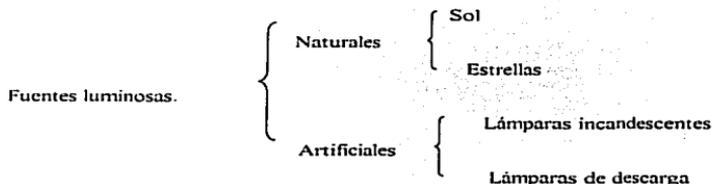
Es la cantidad de energía luminosa que llega a determinada superficie y que esta superficie refleja.

La iluminación puede ser:

- Natural
- Artificial
- Mixta

Fuentes luminosas.

Llamaremos fuentes luminosas al elemento que emite radiaciones visibles para el ojo humano es decir que produce la luz y que esta dentro de los límites visibles del espectro electromagnético es decir entre los 3800 y los 7800 A°.



3.2. Lámparas

Dentro de las lámparas descarga se encuentra la siguiente clasificación:

- Lámparas fluorescentes.
- Lámparas de vapor de mercurio.
- Lámparas de aditivos metálicos.
- Lámparas de vapor de sodio de alta presión.
- Lámparas de sodio a baja presión.

Una de las primeras decisiones en el diseño de alumbrado, es la elección de una fuente de luz. Hay disponible un número de fuentes de luz, cada una con su combinación única de características de operación. Una de las pocas características de la lámpara que el diseñador debe considerar cuando escoge una fuente de luz, deben incluir la eficiencia; color; vida de la lámpara.

A pesar de que hay cientos de lámparas en el mercado hoy en día, estas pueden ser clasificadas por su construcción y características operativas, se pueden clasificar en tres grupos: incandescente, fluorescente y alta intensidad de descarga (HID). Las lámparas HID pueden ser agrupadas en cuatro clases principales: sodio de alta presión, aditivos metálicos, mercurio y sodio de baja presión.

Las lámparas de descarga de alta intensidad (son las que brindan 300 luxes o más) tienen como características principales: una larga vida, alta eficiencia, compactas y fáciles de utilizar en los diseños de las luminarias.

Los tipos más comunes de lámparas HID (alta intensidad de descarga) son las de vapor de mercurio, aditivos metálicos y vapor de sodio alta presión. Todas cuentan con un tubo de arco sellado, al cual se le aplica electricidad en los extremos, excitando un gas de arranque que a su vez calienta el compuesto metálico hasta que se ioniza, siendo la principal fuente de luz.

| LAMPARA HID | VENTAJAS | DESVENTAJAS |
|--------------------|--|---|
| Vapor de mercurio | Alto rendimiento de color Grandes tiempos de vida | Requiere periodo de calentamiento |
| Aditivos metálicos | Muy alto rendimiento de color | Alto costo inicial de operación |
| Vapor de sodio | Buen control de luz Largos tiempos de vida | Requiere de un periodo de calentamiento |

Cada una de las lámparas mencionadas contiene un metal o una mezcla de metales diferentes dentro del tubo de arco.

Estos tipos de lámparas emiten energía radiante en una longitud de onda determinada. Esto se debe a que cada una de ellas tenga un color, por utilizar una clase diferente de metal para establecer el arco.

Lo anterior provoca que cada elemento químico tenga un color especial que lo identifique de los demás.

Al energizar la lámpara el voltaje de arranque aplicado se encuentra, entre los dos electrodos, así como entre uno de estos el electrodo auxiliar de arranque, obteniéndose la ionización del gas inerte que se encuentra dentro del tubo de descarga produciendo un pequeño arco, el cual está limitado por una resistencia en serie con el electrodo que controla la corriente.

Una vez estabilizado el arco, el potencial entre los electrodos de arranque y de operación es tan bajo que no puede mantenerse el arco, por lo cual la corriente de la lámpara fluye a través de los dos electrodos de operación.

El calentamiento de estas lámparas es de 5 a 7 minutos y puede variar en función de la temperatura ambiente.

En general estas lámparas están construidas con dos bulbos o bombillos, el interior contiene el arco (tubo de descarga), y el exterior que protege al arco de las corrientes exteriores de aire y de los cambios de temperatura, en la mayoría de estas lámparas el bombillo exterior contiene un gas inerte (nitrógeno), que evita la oxidación de las partes interiores, manteniendo una gran resistencia dieléctrica. Puede recubrirse con diferentes mezclas de fósforos que se denominan con diferentes nombres: blanco frío, blanco de lujo, blanco cálido, etc.... actuando además como filtros que absorben la radiación ultravioleta y regulador de la temperatura de operación del tubo del arco.

El tubo de arco está fabricado por lo general de cuarzo con puntas selladas en los extremos, contiene el arco propiamente dicho, el vapor de mercurio, los electrodos y una pequeña cantidad de gas Argón.

LÁMPARAS INCANDESCENTES:

Una lámpara de filamento incandescente es la fuente de luz usada de manera más común en las instalaciones residenciales (de casa habitación). La luz se produce en esta fuente por el calentamiento de un alambre o filamento que alcanza la incandescencia por medio del flujo de corriente a través de él. La corta vida de esta fuente, limita su uso principalmente a iluminación comercial de decoración y residencial.

La fuente incandescente produce, sin embargo, un rendimiento de temperatura de color altamente aceptada. Es más conveniente que otras fuentes de luz por que puede ser usada directamente en le linea de corriente, por lo que no requiere de balastro y puede alterarse la intensidad utilizando equipo simple. Está disponible en diferentes tamaños de foco, formas y distribuciones, para añadir un toque decorativo a un área.

La incandescencia es un sistema en el que la luz se genera como consecuencia del paso de una corriente eléctrica a través de un filamento conductor.

Muchos han sido los materiales utilizados para la construcción de filamentos, pero en la actualidad el material de uso exclusivo es el tungsteno o wolframio, cuya temperatura de fusión es del orden de 3.400 °C. Con este tipo de filamentos se puede llegar a temperaturas normales de trabajo del orden de 2.500 a 2.900 °C, lo cual permite fabricar lámparas de incandescencia de una vida relativamente grande, con rendimientos también relativamente grandes, sobre todo si los comparamos con los obtenidos tan sólo hace unas cuantas décadas.

El filamento entraría en combustión con el oxígeno del aire si no lo protegieramos mediante una ampolla de vidrio a la que se le ha hecho el vacío o se ha rellenado de un gas inerte.

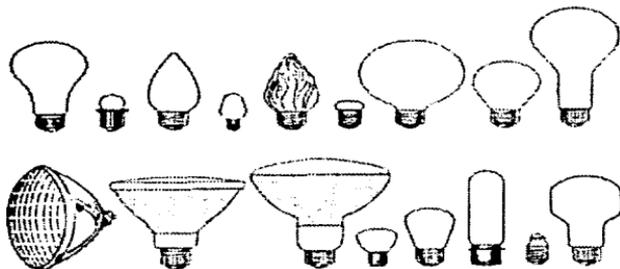
Un factor importante que condiciona la vida de un filamento, es el llamado "fenómeno de evaporación". Dicho fenómeno consiste en que debido a las elevadas temperaturas del filamento, este emite partículas que lo van adelgazando lentamente, produciendo finalmente su rotura.

Para evitar en parte este fenómeno, los filamentos se arrollan en forma de espiral y la ampolla se rellena con un gas inerte a una determinada presión. El gas inerte de relleno suele ser de una mezcla de nitrógeno y argón, aunque también suele utilizarse kriptón exclusivamente.

La ampolla constituye la envoltura del filamento y del gas de relleno, siendo su tamaño función de la potencia eléctrica desarrollada. El material que se utilizó para las primeras lámparas era el cristal, aunque en la actualidad el vidrio a la cal es el más utilizado.

Su forma no está supeditada fundamentalmente a ningún concepto técnico, siguiendo generalmente criterios estéticos o decorativos, por lo que se fabrican según una extensa variedad de formas. El modelo estándar es el más corrientemente utilizado.

FORMAS COMÚNMENTE UTILIZADAS EN LÁMPARAS DE INCANDESCENCIA



LÁMPARAS FLUORESCENTES:

Las lámparas fluorescentes son fuentes luminosas originadas como consecuencia de una descarga eléctrica en atmósfera de vapor de mercurio a baja presión, en las que la luz se genera por el fenómeno de fluorescencia. Este fenómeno consiste en que determinadas sustancias luminiscentes, al ser excitadas por la radiación ultravioleta del vapor de mercurio a baja presión, transforman esta radiación invisible en otra de onda más larga y que se encuentra dentro del espectro visible.

La lámpara fluorescente normal consta de un tubo de vidrio de un cierto diámetro y longitud variable según la potencia, recubierto internamente de una capa de sustancia fluorescente. En los extremos de este tubo se encuentran los cátodos de wolframio impregnados en una pasta formada por óxidos alcalinotéreos que facilitan la emisión de electrones.

El tubo está relleno de gas argón a baja presión y una pequeña cantidad de mercurio. Conectada la lámpara en su correspondiente circuito, la corriente eléctrica que atraviesa los electrodos, los calienta y les hace emitir electrones, iniciándose la descarga si la tensión aplicada entre los extremos es suficiente. El calor producido, evapora rápidamente el mercurio por lo que la descarga se mantiene en una atmósfera de mayor conductividad, mezcla de gas argón y del vapor de mercurio.



Los electrones así obtenidos, en su recorrido de un extremo a otro del tubo, chocan con los átomos de mercurio y la energía desprendida en el choque se transforma en radiaciones ultravioleta y por lo tanto invisibles, pero capaces de excitar la capa fluorescente que recubre el interior del tubo, con lo que se transforman en luz visible.

Esta es la explicación que inicialmente ofrecemos para justificar el funcionamiento de los tubos fluorescentes, aunque no obstante vamos a completarla con ciertos pormenores prácticos que facilitarán una mayor comprensión del funcionamiento.

Las lámparas fluorescentes, como todas las de descarga, presentan una resistencia al paso de la corriente que disminuye a medida que esta se incrementa. Este efecto las llevaría a la autodestrucción si no les colocáramos algún elemento que controle la intensidad que circula por ellas: este elemento es una reactancia cuyo nombre específico para este caso es "balastro".

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La reactancia o balastro está formada por una bobina de hilo de cobre esmaltado con su correspondiente núcleo magnético. Este conjunto va introducido dentro de un contenedor metálico, y todo ello impregnado al vacío con resinas capaces de penetrar hasta el interior de los más pequeños huecos existentes entre espiras: con ello conseguimos un considerable aumento de la rigidez dieléctrica de la bobina, una mejor disipación del calor formado, y una total eliminación de las posibles vibraciones del núcleo magnético.

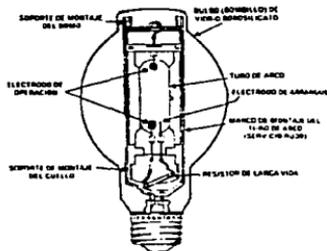
Las funciones que debe cumplir una reactancia, en el orden en que se realizan al poner en funcionamiento un tubo fluorescente, son:

- Proporcionar la corriente de arranque o precalentamiento de los filamentos para conseguir de éstos la emisión inicial de electrones.
- Suministrar la tensión de salida en vacío suficiente para hacer saltar el arco en el interior de la lámpara.
- Limitar la corriente en la lámpara a los valores adecuados para un correcto funcionamiento.

La lámpara fluorescente produce luz al activar los bornes seleccionados en la superficie interna del foco con energía ultravioleta que es generada por un arco de mercurio. Por las características de un arco gaseoso, se necesita un balastro para iniciar y operar lámparas fluorescentes.

Las ventajas de una fuente de luz fluorescente incluyen eficacia mejorada y una vida más larga que la de las lámparas incandescentes. Su baja brillantez de superficie y generación de calor las hacen ideales para oficinas y escuelas, donde el confort térmico y visual son importantes.

Dentro de las desventajas de las lámparas fluorescentes incluye su gran tamaño para la cantidad de luz producida. Esto dificulta el control de luz, lo que da como resultado un ambiente difuso y sin sombras. Su uso en áreas exteriores es todavía menos económica, por que la salida de luz de esta fuente se reduce a temperaturas bajas. A pesar de que la eficacia fluorescente es mayor que el de una lámpara incandescente.



LAMPARA TIPICA DE VAPOR DE MERCURIO

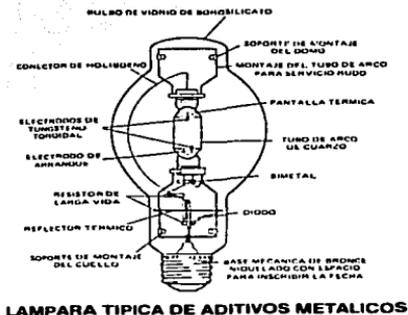
LÁMPARAS DE ADITIVOS METÁLICOS

Son similares en construcción y operación a las de vapor de mercurio. La principal diferencia radica en el interior del tubo de arco, que además de contener mercurio, tiene algunos aditivos metálicos en forma de yoduro principalmente de Talio, Sodio y escandio.

que al vaporizarse se obtiene un espectro visible mayor, lográndose un mejor rendimiento, así como una mayor eficiencia.

Las lámparas de aditivos metálicos se pueden obtener con cubiertas de fósforo o claras, que dan luz blanca.

Cuando se energiza por primera vez un sistema de iluminación con lámparas de aditivos metálicos, se obtiene un nivel de iluminación mayor que el nominal, ya que se estabilizan estas lámparas después de 100 horas de encendido, por lo cual se recomienda se realicen lecturas de operación después de este periodo de tiempo.



LÁMPARAS DE VAPOR DE SODIO ALTA PRESIÓN

La producción de luz es básicamente la misma que en una lámpara de vapor de mercurio. El arco es más largo y está sostenido dentro de una atmósfera de vapor de sodio y mercurio, encontrando que en estas lámparas de vapor de sodio alta presión no hay

radiación mercurial (radiación ultravioleta) en la luz emitida, estas nos proporcionan luz blanca.

Hay que tener cuidado con este tipo de lámparas en la combinación con el reflector, para evitar que la base del tubo del arco reciba energía dirigida por el reflector ya que se provocaría un incremento acelerado de la tensión de la lámpara, lo cual duplica el efecto que se produce en el envejecimiento de la lámpara reduciendo la vida de la misma.

Los balastos para lámparas de vapor de sodio de alta presión requieren de un elemento auxiliar llamado ignitor (circuito electrónico que produce pulsos de tensión, para facilitar la ionización en el interior del tubo de descarga), este reduce las tensiones requeridas por las lámparas.

El balastro está diseñado para realizar la función de arranque a través del ignitor. El tubo del arco contiene un gas de arranque, generalmente xenón y una amalgama sodio-mercurio.

Los pulsos son de corta duración (1 microsegundo), disipando muy poca energía pero lo suficiente para ionizar el xenón y establecer el arco a través de la lámpara, en ese momento el ignitor deja de producir estos impulsos, volviendo a operar cuando la tensión del circuito abierto aparezca nuevamente.

El calor y la presión aumentan dentro del tubo del arco al encender la lámpara por la vaporización del sodio dentro del proceso de estabilización, observándose por los cambios de color de la luz, desde un brillante blanco azulado hasta el amarillo dorado.

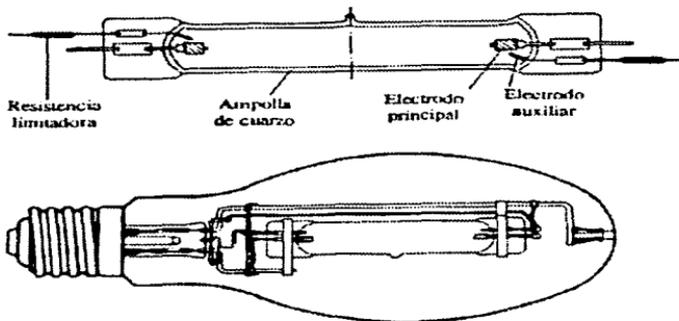
Todas las lámparas de descarga de alta intensidad (HID) requieren de un balastro que controle la corriente que llega al tubo del arco, una vez que se produce la descarga en el gas. Si no se utilizara el balastro, la corriente tendería al infinito destruyendo al poco tiempo la lámpara.

LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO

El funcionamiento de las lámparas de vapor de mercurio a alta presión, conocidas simplemente como de vapor de mercurio, se basa en el mismo principio que el de las lámparas fluorescentes. Así como una lámpara fluorescente de descarga en mercurio a baja presión genera casi exclusivamente radiaciones ultravioleta, con altas presiones de vapor el espectro cambia notablemente, emitiendo varias bandas que corresponden a las sensaciones de color violeta (405 m μ), azul (435 m μ), verde (546 m μ) y amarillo (579 m μ), emitiendo también una pequeña cantidad de radiaciones ultravioleta.

Como las cualidades cromáticas de estas radiaciones no resultan muy buenas, debido en gran parte a la ausencia de radiaciones rojas, las radiaciones ultravioleta se transforman, mediante sustancias fluorescentes, en radiaciones comprendidas dentro del espectro rojo, dando como resultado una lámpara con un mejor rendimiento cromático.

Las lámparas de vapor de mercurio están constituidas por una pequeña ampolla de cuarzo, provista de dos electrodos principales y uno o dos auxiliares, en cuyo interior se encuentra una cierta cantidad de argón y unas gotas de mercurio. Los electrodos auxiliares llevan una resistencia en serie que limita la intensidad que por ellos puede circular.



La pequeña ampolla de cuarzo está contenida dentro de otra de mucho mayor tamaño, de vidrio, cuya misión es la de proteger a la pequeña ampolla, establecer un cierto equilibrio térmico, así como también la de ser depositaria en su interior de sustancias fluorescentes encargadas de darle una cierta tonalidad roja.

Como todas las lámparas de descarga, la lámpara de vapor de mercurio debe llevar un elemento limitador de corriente, balasto. Cuando la conectemos a la red de alimentación, se producirá inicialmente una descarga entre el electrodo principal y el auxiliar, que se encuentran muy próximos, lo que ioniza el argón, haciéndolo conductor y estableciendo un tenue arco entre los dos electrodos principales; el calor generado por esta descarga va progresivamente evaporando el mercurio del interior de la ampolla, y poco a poco se va convirtiendo en el conductor principal.

A medida que aumenta la temperatura en el tubo de descarga, aumenta la presión del vapor de mercurio y con ella la potencia activa consumida y el flujo luminoso emitido, hasta alcanzar, al cabo de 3 o 4 minutos, los valores normales de régimen. La intensidad absorbida por el circuito se inicia con un valor del orden del 40 al 50% mayor que el nominal, y va reduciéndose progresivamente tal y como hemos indicado.

Esta variación de la intensidad durante el arranque de la lámpara tiene una muy importante influencia en el circuito, ya que en un alumbrado de este tipo, el limitador deberá estar dimensionado para poder aguantar dicha intensidad.

Si por algún motivo se apaga la lámpara, y seguidamente queremos volver a encenderla, ello no resulta posible debido a que el vapor de mercurio no se habrá enfriado y estará con una presión elevada. Transcurridos tres o cuatro minutos, la lámpara se habrá enfriado y reanudará el periodo de encendido; esto supone un serio inconveniente para este tipo de lámparas.

La curva de distribución espectral viene representada en la siguiente figura, pudiendo observar los cuatro colores predominantes, así como también la zona del rojo que genera la capa fluorescente.

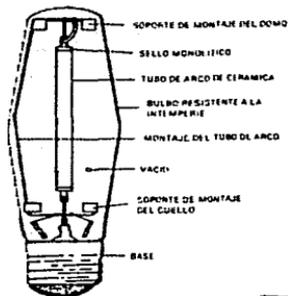
La temperatura de color de estas lámparas, depende del tipo de recubrimiento fluorescente que lleve, pero suele estar comprendida entre 3.800 y 4.000 °K, y tiene un rendimiento luminoso que oscila entre 40 y 60 Lm/W.

La depreciación del flujo luminoso depende naturalmente de las horas de funcionamiento de la lámpara. La depreciación suele ser del 12% a las 8.000 horas de funcionamiento y del 35% a las 15.000 horas.

La vida media de la lámpara es extraordinariamente elevada, del orden de 24.000 horas, aunque para estas horas de funcionamiento la depreciación del flujo luminoso sea del orden del 50%. Los fabricantes aconsejan cambiar la lámpara antes de las 15.000 horas de funcionamiento, cuando la depreciación del flujo no es superior al 25%.

Las lámparas de vapor de mercurio resultan muy aconsejables en alumbrados públicos y en grandes almacenes.

Al igual que para las lámparas fluorescentes, la reactancia hace que el circuito tenga un bajo factor de potencia, por lo que se recomienda la colocación de condensadores. Así, por ejemplo, la lámpara de 125 W. a 220 V., tiene un consumo de 1,15 A. y una potencia total consumida de 137 W, por lo tanto tendremos un factor de potencia:



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CARACTERÍSTICAS DE LOS BALASTROS PARA LÁMPARAS DE ALTA INTENSIDAD DE DESCARGA (HID)

1. Proporcionar la corriente de arranque adecuada.
 2. Proporcionar el voltaje necesario para iniciar el arco.
 3. Proporcionar el voltaje correcto para estabilizar el arco y operar la lámpara.
 4. Controlar la corriente eléctrica a través de la descarga del arco.
- Hacer que se cumpla lo anterior con un mínimo de energía eléctrica.

BALASTROS:

Un balastro es un dispositivo magnético regulador de corriente que controla los parámetros eléctricos que hacen posible la operación correcta de una lámpara fluorescente. Las principales funciones que realiza un balastro son:

- Transforma la tensión de línea al valor de tensión de encendido y de operación para cada tipo de lámpara, según sus especificaciones.
- Proporciona una cantidad específica de energía eléctrica para calentar los cátodos de la lámpara (temporalmente en las lámparas de encendido normal y permanente en las de encendido rápido).
- Controla la corriente de lámpara manteniéndola dentro de los límites indicados en las especificaciones de la lámpara, cuando se opera el balastro dentro de los límites de tensión y frecuencia para los que fue diseñado.

La cantidad de luz, la eficiencia de la lámpara fluorescente y la vida del conjunto balastro-lámpara dependen de gran medida de la calidad del balastro. Es esencial que al seleccionar balastros, estos sean de la más alta calidad de modo que la vida, el servicio y la eficiencia del conjunto balastro-lámpara resulten una buena inversión.

La gran cantidad de aplicaciones de la lámpara fluorescente, hacen de esta una de las lámparas más versátiles.

Dependiendo del problema específico de alumbrado en el interior de una oficina, se escoge la lámpara adecuada y el tipo de balastro idóneo para esa aplicación.

BALASTRO PARA LÁMPARAS DE ENCENDIDO RÁPIDO

Cuando se usa un balastro de encendido rápido con lámparas encendido rápido, se tiene un encendido suave y virtualmente instantáneo, ya que en aproximadamente dos segundos se tiene operando las lámparas a plena brillantez. Las lámparas que se clasifican como de encendido rápido, introducidas al mercado en 1952, cuentan con cátodos que deben ser activados por el balastro, sin el uso de arrancador, mientras dure encendida la lámpara.

El balastro tiene interconstruidos unos devanados que alimentan los cátodos, haciendo que estos, al calentarse, emitan un flujo de electrones, preparando la lámpara para encender. La tensión de encendido proporcionada por el balastro establece un arco a través de la lámpara haciendo que esta encienda. Debido a que los cátodos de las lámparas de encendido rápido están permanentemente calentados, se requiere un voltaje de encendido menor que para las lámparas de encendido instantáneo.

Los balastros para lámparas de encendido rápido están diseñados para operara a temperaturas ambientes comprendidas entre los 10 y 40°C. Cuando se requiere iluminar recintos que se encuentran a temperaturas menores de 10°C, se requiere el uso de balastros especiales, sin embargo aun cuando se logre el encendido correcto a baja temperatura, no se garantiza la plena brillantez de la lámpara. Por otro lado, si la temperatura ambiente es superior a los 40°C, la vida del balastro se acortará irremediamente.

Todas las lámparas de encendido rápido deben montarse a una distancia no mayor de 12.5mm para las lámparas de 430 ma. Y no mayor de 25 mm para lámparas de 800 y 1500 ma, de un reflector metálico que esté a todo lo largo de la lámpara. El balastro debe montarse sobre el gabinete sin usar materiales aislantes, y hacer una conexión eléctrica entre la caja del balastro y el reflector metálico.

BALASTROS PARA LÁMPARAS DE ENCENDIDO INSTANTÁNEO (SLIM LINE)

Los balastros de encendido instantáneo, están diseñados para operar lámparas slim line de un alfiler o lámparas de encendido instantáneo de dos alfileres. La lámpara de encendido instantáneo introducida en el mercado en 1944, a diferencia de la lámpara de encendido rápido, no requiere de calentamiento previo de los cátodos ni dispositivo arrancador, pero exige un voltaje de encendido mayor. El balastro de encendido instantáneo enciende las lámparas de forma secuencial, una después de otra y cada parte del balastro realiza una función específica. Una vez encendidas las dos lámparas una parte del devanado del balastro deja de operar. Esta forma de operar del balastro denominada secuencia serie, exige que cuando se funda una de las lámparas se reponga de inmediato, pues de otro modo el balastro puede dañarse al operar con solo una lámpara, además en estas condiciones se reduce su nivel de brillantez.

Los balastros para encendido instantáneo se diseñan para operar normalmente entre 10 y 40°C. Si se operan el balastro y las lámparas a una temperatura menor, difícilmente encenderán las lámparas y estas funcionarán con parpadeo, oscilación, etc. Si se operan a una temperatura ambiente mayor a 40°C, se degradarán las componentes del balastro, acortando su vida. Si requiere operar lámparas a menos de 10°C, es necesario utilizar balastros especiales, que aún cuando encienden correctamente las lámparas, no garantiza la brillantez plena de las lámparas.

BALASTRO REACTOR PARA LÁMPARA ENCENDIDO NORMAL CON ARRANCADOR

Al encender el balastro, se activa el cartucho arrancador, pasando a la lámpara una corriente superior a su corriente normal. Después de algunos segundos, el cartucho arrancador se abre y genera un pico de tensión que inicia el arco eléctrico entre los cátodos que ya están calientes y listos para operar, iniciando la operación de la lámpara. Si el cartucho arrancador no abre, la lámpara se quedará en situación de precalentado viéndose brillante los extremos únicamente con el consiguiente deterioro de la lámpara y del balastro; en esta situación debe cambiarse el cartucho arrancador inmediatamente.

Una vez encendida la lámpara, el balastro limita la corriente de la lámpara al valor indicado en la norma de características de la lámpara.

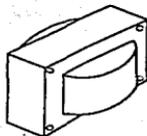
En la selección del balastro adecuado para cada situación, es necesario considerar los diversos factores que afectan la operación de estos.

BALASTRO REACTOR PARA LÁMPARA DE VAPOR DE MERCURIO

Este tipo de balastro ofrece:

- Bajo costo de adquisición
- Tamaño y peso menor
- Bajo factor de potencia
- La corriente de línea durante el tiempo de encendido es mayor que la de operación normal.
- La clasificación del aislamiento es H (180°C)
- Capacitores de 90°C
- Su operación es silenciosa
- El núcleo del balastro está soldado, ofreciendo un máximo de superficies planas, para instalarse con facilidad en los luminarios.

FIGURA



DIAGRAMA

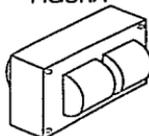


BALASTRO AUTOTRANSFORMADOR AUTORREGULADOR PARA LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO.

Este balastro ofrece:

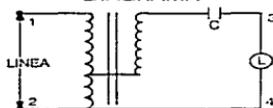
- Buena regulación en la potencia de la lámpara.
- Alto factor de potencia
- La corriente de línea en el encendido es menor que la de operación normal.
- La clasificación del aislamiento es clase H (180°C)
- Capacitores de 90°C
- Su operación es silenciosa
- El transformador tiene bajas pérdidas de corriente, debido a sus laminaciones de acero de grano orientado.

FIGURA



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

DIAGRAMA



BALASTRO AUTOTRANSFORMADOR AUTORREGULADO PARA LÁMPARAS DE ADITIVOS METÁLICOS

- Buena regulación en la potencia de la lámpara cuando la tensión varía
- Alto factor de potencia
- Cuenta con uno o más entrehierros que proveen un pico de alto voltaje que facilita el encendido de la lámpara, lo que reduce el tamaño del balastro..

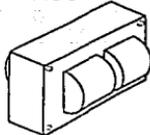
- Este balastro puede operar tanto las lámparas de aditivos metálicos como de vapor de mercurio de la misma potencia.

BALASTRO REACTOR PARA LÁMPARAS DE VAPOR DE SODIO ALTA PRESIÓN

Este tipo de balastro ofrece:

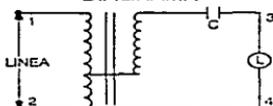
- Bajo costo de adquisición
- Tamaño y peso menor
- Exige una óptima regulación en la línea
- Bajo factor de potencia
- Ignitor encapsulado clase 90°C
- La clasificación del aislamiento es H (180°C)
- Operación silenciosa.

FIGURA



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

DIAGRAMA



BALASTRO AUTOTRANSFORMADOR AUTORREGULADO PARA LÁMPARAS DE ADITIVOS METÁLICOS

- Buena regulación en la potencia de la lámpara cuando la tensión varía
- Alto factor de potencia

- Cuenta con uno o más entrehierros que proveen un pico de alto voltaje que facilita el encendido de la lámpara, lo que reduce el tamaño del balastro..
- Este balastro puede operar tanto las lámparas de aditivos metálicos como de vapor de mercurio de la misma potencia.

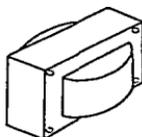
BALASTRO REACTOR PARA LÁMPARAS DE VAPOR DE SODIO ALTA PRESIÓN

Este tipo de balastro ofrece:

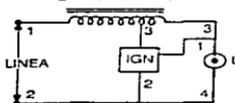
- Bajo costo de adquisición
- Tamaño y peso menor
- Exige una óptima regulación en la línea
- Bajo factor de potencia
- Ignitor encapsulado clase 90°C
- La clasificación del aislamiento es H (180°C)
- Operación silenciosa.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

FIGURA



DIAGRAMA



BALASTRO AUTOTRANSFORMADOR AUTORREGULADO PARA LÁMPARAS DE VAPOR DE SODIO ALTA PRESIÓN

Este tipo de balastos ofrece:

- Buena regulación con variaciones en la tensión de alimentación
- Alto factor de potencia
- Proporciona un pulso de alta tensión de 2500 a 4000 volts por medio de un ignitor. exclusivamente durante el encendido de la lámpara desconectándose el ignitor una vez operando la lámpara, para proteger la vida útil del balastro
- Ignitor encapsulado en resina, para 90°C; su función es iniciar el arco en las lámparas de vapor de sodio en alta presión, dentro de los valores especificados por las normas
- Su operación es silenciosa.

"Históricamente se han considerado dos tipos básicos de reflectores. Para uso rudo y para servicio general.

El tipo para uso rudo es muy fuerte. se fabrica usualmente en fundición de aluminio. y puede resistir mal trato físico y condiciones ambientales severas.

El tipo para usos generales se fabrica con menos resistencia. Generalmente en lámina de aluminio pero suficientemente fuerte para resistir las condiciones atmosféricas del exterior.

3.3. LUMINARIOS

TIPOS DE LUMINARIOS PARA ALUMBRADO EXTERIOR

Las lámparas mencionadas anteriormente son las que comúnmente encontramos e instalamos en el alumbrado exterior. Dichas lámparas se encuentran contenidas y protegidas para su instalación y montaje en **LUMINARIOS**. De los cuales. se tienen entre los más usuales los siguientes:

- **LUMINARIO RCH**

El luminario RCH ha sido diseñado para satisfacer a muy bajo costo. el alumbrado de calles suburbanas. colonias populares. caminos rurales. así como áreas exteriores comerciales e industriales. Se suministra en forma de paquete que incluye cuerpo con

balastro, reflector-refractor, celda fotoeléctrica y brazo para montaje. Las unidades se instalan en postes de concreto o madera de las líneas de suministro ya existentes o en las paredes si así lo prefiere.

FACILIDAD DE INSTALACIÓN:

La tapa del porta balastro es de tipo embisagrado, lo cual permite el acceso a las conexiones y facilita la instalación de los conductores, simplificando y acelerando su montaje. Las terminales son accesibles y el balastro está acomodado en la parte superior dejando un amplio espacio para introducir sin ninguna dificultad los conductores alimentadores.

CELDA FOTOELÉCTRICA DE ALTA EFICIENCIA:

La celda fotoeléctrica suministrada en el paquete es de tipo encapsulado a prueba de intemperie, siendo de gran precisión y eficiencia en su operación.

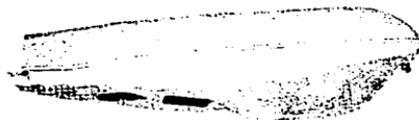
-
- **LUMINARIO OVS 400**

El luminario OVS 400 de 100-400 watts reúne una serie de características de diseño que lo hacen ideal para las necesidades de alumbrado en avenidas, fraccionamientos residenciales y áreas de estacionamiento.

CARACTERÍSTICAS

- **CUERPO DE ALUMINIO FUNDIDO A PRESIÓN:** permite un ensamble perfecto entre la parte superior y el marco porta refractor.
- **SISTEMA ÓPTICO FILTRADO:** Un empaque de polyéster colocado en el reflector, evita la contaminación por agentes externos. Gracias a esto el reflector y refractor se conservan limpios y el luminario opera con mayor eficiencia.
- **FÁCIL MANTENIMIENTO:** El diseño de porta refractor abatible permite el fácil acceso al reflector, lámpara y balastro.

OVS 400 ALUMBRADO PUBLICO 100-400 WATTS.



- **LUMINARIO GAL 250-400 WATTS**

El luminario GAL ha sido diseñado para satisfacer la necesidad de iluminación en el cual requiere obtener patrones rectangulares de luz.

Resulta una excelente alternativa para iluminar estacionamientos, calles de acceso, fachadas.

Su diseño combina con todo tipo de construcción que le pueda rodear.

Su diseño de puerta embisagrado con varilla integral, permite el acceso para instalar o reemplazar la lámpara y al sistema eléctrico.

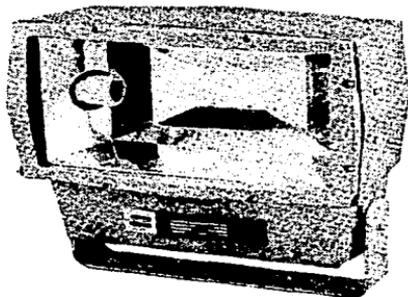


TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

- **LUMINARIO MVR 1000-1500 WATTS**

El luminario MVR por sus extraordinarias características de diseño y su costo reducido, resulta la solución ideal para las aplicaciones de alumbrado exterior donde se requiere una excelente eficiencia, así como una alta resistencia al trabajo extrarrudo y servicio pesado.

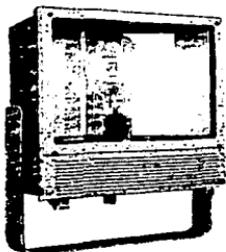
El luminario MVR ha sido utilizado con gran éxito, debido a su alta flexibilidad y construcción en aplicaciones con condiciones severas de operación, en áreas de construcción, muelles de carga, alumbrado de áreas, iluminación deportiva, anuncios, fachadas, etc.



- **LUMINARIO MVR 250-400 WATTS**

El luminario MVR tipo proyector es ideal para aplicaciones de iluminación en áreas exteriores, debido a su atractivo bajo costo y alta eficiencia de luz, ofrece una gran variedad de aplicaciones para áreas como fachadas, patios, campos deportivos, etc.

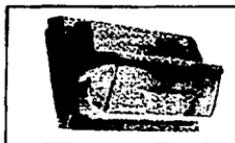
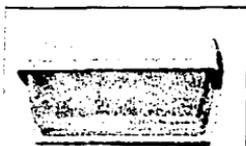
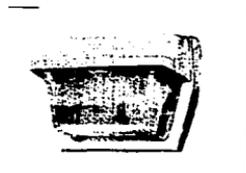
Su sistema porta balastro, permite la desconexión del sistema eléctrico por medio de un conector rápido, ofreciendo un mantenimiento instantáneo, con el cambio del sistema porta balastro.



- **LUMINARIO WALLPACKETTE**

Luminario tipo arbotante, de diseño elegante, armadura de aluminio, cristal prismático que distribuye la luz uniformemente en una zona amplia y sin deslumbramiento.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



PACK 2

LUMINARIO WALL

- **LUMINARIO PARA AHORRO DE ENERGÍA:**

Luminario tipo arbotante. uso intemperie. equipado con reflector doble vidrio prismático diseñado para proporcionar un mejor distribución de luz.

- **LUMINARIO WALLPACK 2**

Luminario compacto para instalarse en muros. que combina con diversos estilos arquitectónicos distribuye perfectamente la luz en una altura de hasta 4 metros aproximadamente.

- **LUMINARIO PARA MURO WAL 70 A 175 WATTS**

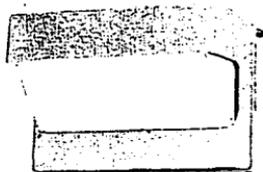
El luminario WAL proporciona una iluminación eficiente para pasillos, andadores, tuneles, accesos, puentes, jardines, etc.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CARACTERÍSTICAS

Cuerpo de resistente fundición en aluminio con balastro integrado.

Tapa porta refractor fabricada de materiales muy resistentes para aguantar los golpes en la intemperie.



CONEXIÓN DE LUMINARIOS CON FOTOCELDA Y CONTACTOR

| | |
|-----------------|--|
| F | <i>FOTOCONTROL ELÉCTRICO</i> |
| B | <i>BOBINA DEL CONTACTOR</i> |
| A,B,C | <i>FASES DE LA ALIMENTACIÓN</i> |
| L1,L2,L3 | <i>LAMPARAS QUE CONTROLA EL CIRCUITO</i> |

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

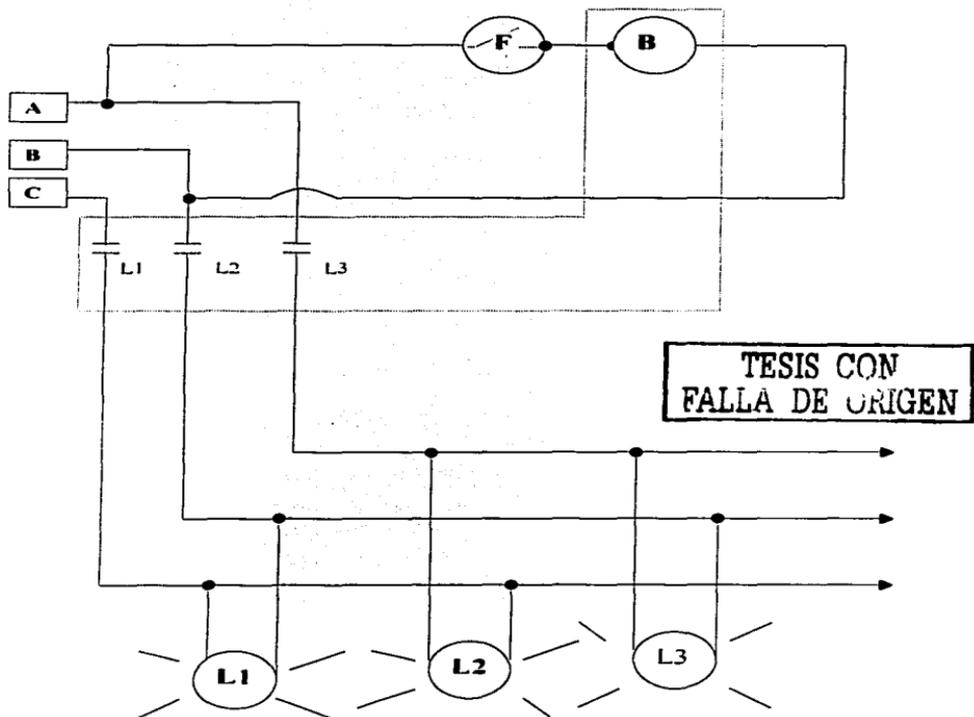


DIAGRAMA DE LUMINARIOS CON FOTOCELDA Y CONTACTOR

NOTA: El área punteada representa los componentes del contactor, las fases A,B y C energizan los contactos L1, L2 y L3 respectivamente, (los cuales están normalmetnte abiertos). El fotocontrol esta conectado a la fase A y a su vez se encuentra conectado en serie con la bobina del contactor, cerrando el circuito con la fase B a 220 Volts.

Cuando el fotocontrol detecta la oscuridad, se cierra el interruptor interno que contiene con lo que se logra energizar la bobina del contactor, esto hace que cierren los contactos L1, L2 y L3, permitiendo energizar los luminarios L1, L2, L3, L4...Ln.

Con lo anterior se logra energizar un determinado número de luminarios controlados con una fotocelda.

Normalmente un contactor tiene una capacidad de 70 amperes, considerando que los luminarios se conectan a 2 fases (220 volts) y tienen un consumo de se recomienda no instalar más de luminarios al contactor.

Por lo anterior es importante considerar que el número de luminarios instalado respete el balanceo de fases.

CAPITULO IV. APLICACIONES A INSTALACIONES ELECTRICAS.

4.1 CALCULO DE CONDUCTORES.

S e seleccionan los conductores para 30° de temperatura ambiente y se corrige cuando se trabaja a más de 30° de temperatura (factor de corrección o temperatura).

Se disminuye la capacidad de conducción de corriente cuando hay más de tres conductores en la misma canalización (factor de agrupamiento).

$$I = \frac{WATTS}{\sqrt{3} V_L F.P.}$$

Calculo de conductores por corriente.

$$\% e = \frac{2\sqrt{3} LI}{V_L S}$$

$$S = \frac{2\sqrt{3} LI}{V_L \% e}$$

Calculo de conductores por caída de tensión.

S = Sección transversal en mm²

%e = Caída de tensión permitida.

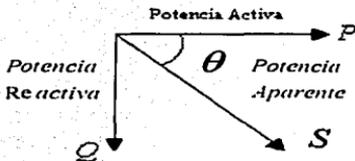
L = Longitud del conductor.

4.2 FACTOR DE POTENCIA.

La mayoría de las máquinas eléctricas que se encuentran en la industria son por lo general del tipo inductivo, esto hace por consiguiente que la corriente se encuentra atrasada con respecto al voltaje y su factor de potencia se considera atrasado.

Desde el punto de vista eléctrico se dice que se tiene un bajo factor de potencia cuando la carga consumida es más reactiva que la potencia activa o real. Este bajo factor de potencia crea un problema de inestabilidad a la compañía suministradora de energía por tal motivo la compañía suministradora pone un límite de f.p. (generalmente 0.85) a la

mayoría de las industrias. Una de las formas que se lleva a cabo para el control de f.p. en las industrias es mediante la medición de las lecturas de la potencia consumida (KW hora y la medición de la potencia reactiva (KVAR hora).



En el triángulo de potencias, la potencia aparente S es una medida de la carga del sistema de distribución, la potencia reactiva Q es una potencia necesaria que se requiere para la operación o funcionamiento de la misma carga y la potencia activa P es una medida de la potencia útil suministrada.

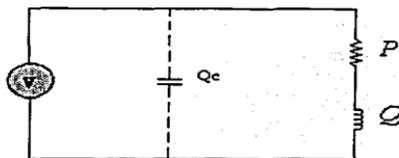
Para no tener problemas con un f.p. lo que se busca es que:

$$S = P$$

$$\theta = 0^\circ$$

$$f.p. = 1$$

Uno de los caminos a seguir para la corrección del f.p. debido a una carga inductiva es mediante la conexión de un banco de capacitores en paralelo con la carga permaneciendo así constante el voltaje y la potencia activa.



4.3 SUBESTACIONES.

Una subestación eléctrica es el conjunto de elementos integrados que transforman, distribuyen, controlan y miden energía eléctrica proveniente de las plantas generadoras, líneas de transmisión, o líneas de distribución.

POR SU SERVICIO:

SUBESTACIONES DE TIPO INTEMPERIE. Se construyen en terrenos expuestos a la intemperie y requieren de un diseño y equipo especial de capas para soportar condiciones atmosféricas y climáticas adversas.

SUBESTACIONES DE TIPO INTERIOR. En este tipo de subestaciones, el equipo y diseño están adaptados para operar en lugares protegidos contra inclemencias del tiempo.

POR SU CONSTRUCCIÓN :

SUBESTACIONES COMPACTAS O UNITARIAS. En estas subestaciones el equipo se encuentra protegido por un gabinete y el espacio necesario es muy reducido. Pueden construirse para servicio interior o exterior.

SUBESTACIONES CONVECIONALES. En estas, el equipo a instalar se coloca en una estructura metálica, se aíslan tan sólo por una malla de alambre, es decir, no va en gabinetes. Puede construirse para servicio interior o exterior.

ELEMENTOS DE LA SUBESTACIÓN ELÉCTRICA.

Los elementos principales de las subestaciones eléctricas son:

1. Acometida de Luz y Fuerza del Centro ó C.F.E. en A.T.
2. Equipo de medición en A.T.
3. Cuchilla de prueba y paso.
4. Apartarrayos.
5. Fusibles de potencia.
6. Interruptor de operación con carga.
7. Sección de acoplamiento.
8. Transformador.
9. Interruptor general de B.T.
10. Interruptores derivados de B.T.

1. Acometida de Luz y Fuerza del Centro ó C.F.E. en A.T.

Existen dos clases de acometida:

Acometida aérea.

Acometida subterránea.

2. Equipo de medición en A.T.

La sección de medición consta de un gabinete blindado con dimensiones adecuadas según el valor de la tensión diseñada y provisto para recibir el equipo de medición de la compañía suministradora.

Este gabinete tiene dos puertas con ventana cerrada con candado y además:

- a) Un bus trifásico de cobre electrolítico.
- b) Un sistema de tierras con capacidad adecuada.
- c) Conectores de tipo mecánico. Tres para el bus principal y uno para conexión a tierra.

3. Cuchilla de prueba y paso.

La sección de cuchillas de prueba y paso es un gabinete blindado con equipo adecuado según el valor de la tensión.

- a) Un juego de tres cuchillas trifásicas desconectadoras para operar en grupo sin carga, tiro sencillo con dispositivo de apertura y cierre rápido.
- b) Un juego de tres accionamientos independientes por medio de volante y dispositivo de señalamiento (abierto—cerrado) y seguro mecánico con portacandado.
- c) Sistema de tierra con capacidad adecuada.

El objeto de esta sección es proporcionar un medio de desconexión visible de la sección de transformación y distribución para efectos de mantenimientos, reposición de fusibles o la conexión del equipo patrón de medición de la compañía suministradora para comprobar la calibración de los equipos de medición de la propia subestación sin interrumpir el suministro de energía eléctrica.

4.5.6. Sección de interruptor de apertura con carga y apartarrayos.

La sección de interruptor, fusibles y apartarrayos, también es un gabinete blindado con dimensiones y equipo adecuado según el valor de la tensión.

Este gabinete tiene dos puertas con ventana cerrada con candado para contener:

- a) Interruptor de carga de simple apertura servicio interior montaje vertical, 3 polos, operación en grupo por medio de palanca tipo reciprocante, con mecanismo de energía almacenada para la apertura y cierre rápido y disparo simultáneo en las tres fases en caso de operar algún fusible.
- b) Fusibles, tres de potencia.
- c) Juego de tres apartarrayos autovalvulares monopolares con el neutro conectado sólidamente a tierra. El apartarrayos sirve para proteger a la subestación y principalmente al transformador contra sobretensiones de origen atmosférico.

- d) Acondicionamiento por medio de disco y palanca por el frente del tablero para la apertura y cierre manual del cortocircuito, con el bloqueo mecánico el cual impide la apertura de las puertas si el interruptor está en la posición de cerrado.
- e) Bus trifásico de cobre electrolítico soportado por medio de aisladores de resina epóxica.
- f) Sistemas de tierra con capacidad adecuada.

7. Sección de acoplamiento.

Esta sección sin puerta resguarda los buses de conexión de los fusibles de potencia del módulo anterior y los bornes del transformador, conservando las distancias mínimas de norma.

8. Sección de transformación.

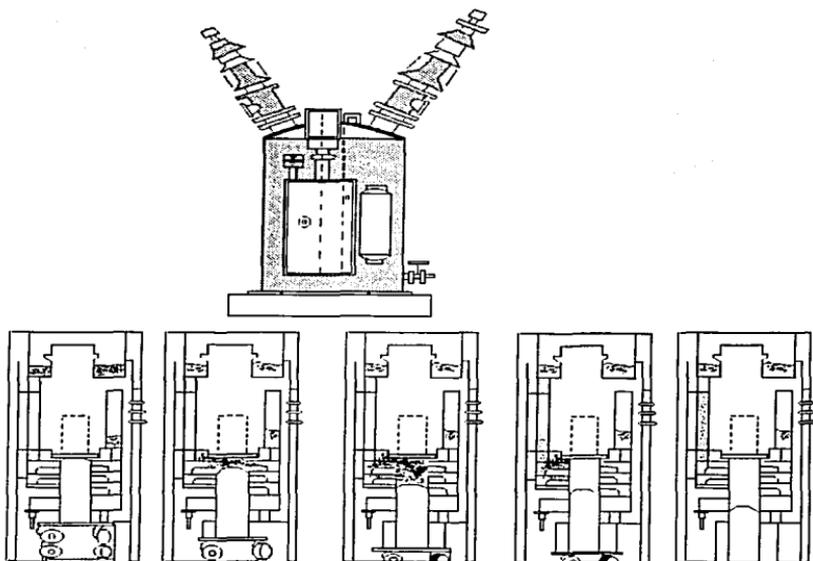
Contiene un transformador de distribución o potencia sumergido en aceite, autoenfriado, tres fases, 60 Hz, adecuada para operar a 2.300 m.s.n.m. con una elevación de temperatura de 65° sobre la del ambiente, 4 derivaciones de $\pm -2.5\%$ c/u en el primario, excepto en el de 23kV, 150kV. Con conexión delta que está provisto con 5 derivaciones de capacidad plena de 1.000 V c/u, 1 arriba y 4 abajo de 23 kV.

Los bornes primarios y secundarios del transformador, irán dentro de una cámara de terminales, para permitir el acoplamiento directo a la subestación y al tablero de baja tensión, o conexión de este último.

9. Sección de baja tensión.

Interruptor general de baja tensión.- De navajas o termomagnético en subestaciones con transformadores de 15 a 150 KVA y 220/127 V. En subestaciones de 225 a 2.500 KVA se instalan los interruptores de potencia en aire.

Interruptores derivados de baja tensión.- Pueden ser de navajas, termomagnéticos, arrancadores o centros de control de motores y tableros de alumbrado según sea necesario.



Los elementos secundarios de la subestación son:

1. Cables de energía.
2. Cables de control.
3. Alumbrado.
4. Estructura.
5. Herrajes.
6. Equipo contra incendio.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

7. Equipo contra filtrado de aceite.
8. Sistemas de tierras.
9. Carrier.
10. Intercomunicación.
11. Trincheras, ductos, conducto, drenaje.
12. Cercas.

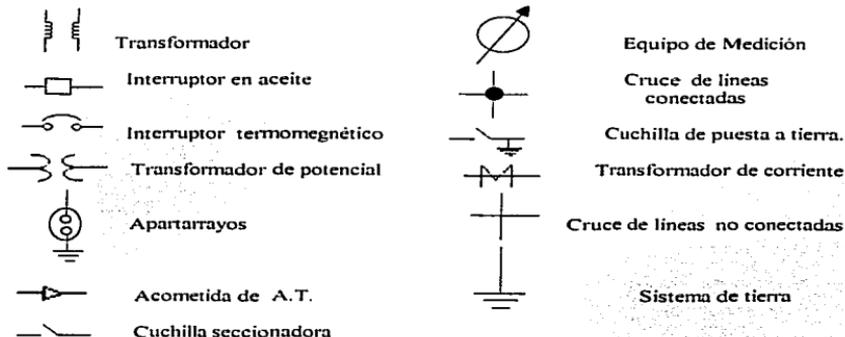
Datos para el pedido de la subestación.

- ◆ Capacitación en KVA.
- ◆ Tensión primaria.
- ◆ Tensión secundaria.
- ◆ Corriente primaria y corriente secundaria.
- ◆ Frecuencia.
- ◆ % de impedancia.
- ◆ Protecciones.
- ◆ Conexión.

4.4. SISTEMAS DE TIERRAS.

Las instalaciones eléctricas deben estar diseñadas para prevenir el peligro de cualquier contacto accidental de las partes metálicas que rodean a los elementos eléctricos, los cuales deben estar provistos de los apoyos y aisladores adecuados. Aún con estas medidas de seguridad permanece el peligro de que estas partes normalmente aisladas tengan contacto con dichas partes metálicas y se tenga una diferencia de potencial con respecto al suelo pudiendo causar algún accidente. Este peligro se puede reducir y eventualmente eliminar estableciendo una buena conexión a tierra.

Simbología Americana convencional para subestaciones.



Funciones principales del sistema de tierra.

1. Proporcionar un circuito de muy baja impedancia para la circulación de las corrientes de tierra, ya sean debidas a una falla eléctrica o a la operación del apartarrrayos del sistema.
2. Evitar que durante la circulación de estas corrientes de tierra pueda producirse una diferencia de potencial entre distintos puntos de a subestación.
3. Dar mayor confiabilidad y continuidad al servicio eléctrico.
4. Facilitar, mediante la operación de relevadores u otros elementos adecuados, la eliminación de fallas a tierra en los sistemas eléctricos.
5. Proporcionar una superficie debajo del suelo y alrededor de la instalación y lo más próximo posible a cero.

Aspectos en el cuerpo humano.

Los efectos de la electricidad sobre el cuerpo humano Dependen principalmente de los siguientes factores:

1. La intensidad de corriente.
2. La frecuencia eléctrica de la corriente.
3. La trayectoria seguida por la corriente en el cuerpo.
4. La condición del individuo en el momento de contacto.

Elementos principales del sistema de tierras.

1. Red o malla de conductores enterrados a la profundidad aproximada de 0.5m a 1m.
2. Electrodo de tierra conectados a la red de conductores y enterrados a la profundidad necesaria para obtener el mínimo valor de resistencia a tierra.
3. Conductores de puesta a tierra a través de los cuales se hace la conexión a tierra de las partes de instalación o del equipo que requiere dicha conexión.

Factores que determinan la resistencia de las conexiones a tierras son:

a) Factor del terreno.

1. Clase del terreno.
2. Humedad del terreno.
3. Salinidad del terreno.
4. Temperatura del terreno.

b) Factor de los electrodos.

1. Profundidad de los electrodos.
2. Diámetro de los electrodos.
3. Separación de los electrodos.
4. Números de los electrodos.
5. Material de los electrodos.

Características del sistema (normas).

a) Disposición Física.

Se recomienda que un cable continuo forme el perímetro exterior de la malla que se menciona, de manera que encierre toda el área donde se encuentra el sistema de subestación.

La malla puede estar constituida por cables en forma de paralelos y perpendicularmente con un espaciamento razonable.

Se recomienda que los conductores de la malla sean de cobre con el calibre mínimo de 4/0 AWG (107.2mm²) y que los conductores de puesta a tierra del equipo no sean de un calibre menor del 12 AWG.

En el cruce de conductores de la malla, los conductores deben conectarse rigidamente entre sí y en los puntos adecuados conectarse a electrodos de tierra de 2.50m de longitud.

b) Determinación del tamaño de conductores de tierra. En la selección del tamaño (calibre) del conductor usado en la malla de tierras no debe ser menor a 4 / 0 AWG.

De acuerdo con un sistema de C.A. el calibre del conductor del electrodo de tierra no debe ser menor que el que se indica a continuación para conductores de cobre. Si se trata de otro material su resistencia no debe ser menor que el que se indica a continuación para conductores de cobre. Si se trata de otro material su resistencia no debe ser mayor que la equivalencia de cobre correspondiente.

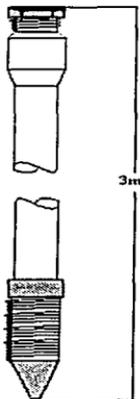
Para canalizaciones el calibre puesta a tierra lo establece la norma fracción 206.8.

c) Arreglo preliminar.

Recalcándose las bases siguientes, un conductor de tierra continuo debe rodear el área de la instalación para encerrar la mayoría de cantidad de terreno posible. Conductores de tierra adicionales se colocan líneas paralelas distribuidas uniformemente.

Eventualmente se pueden usar alguna áreas placas de cobre en lugar de malla cuadrículada, esto especialmente donde la magnitud de la corriente de falla es elevada o bien donde la resistividad del terreno es elevada.

Constitución de un electrodo de tierras.



**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

- d) Determinación de la longitud requerida del conductor para el control del gabinete.

Con el objeto de mantener los potenciales de paso y de contacto dentro del perímetro de la malla en sus valores de seguridad se requiere cierta longitud mínima del conductor en la varilla de tierra.

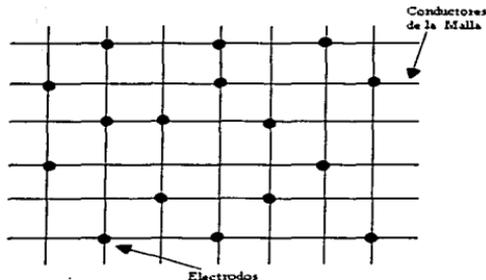
La siguiente ecuación permite calcular la longitud aproximada de los conductores de la malla para mantener el potencial dentro de sus límites de seguridad:

$$L = \frac{Km Kl p l^2}{165 + 0.25 p}$$

$$Km = \frac{1}{2} \cdot p l \cdot D_m^2 / 16 \quad HD + 1 / p l$$

$$Kl = 0.65 + 0.172 N$$

Sistemas de tierras de una subestación.



Donde:

D_0 = Separación entre conductores paralelos.

H = Profundidad de la malla.

D = Diámetro equivalente del conductor de malla.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

KI = Diámetro de irregularidad de la conexión para prevenir el efecto de la uniformidad de la corriente de falla a lo largo de la malla en una dirección.

N = No. de conductores en paralelo de la malla en una dirección.

P = Resistividad aparente en ohm / m del terreno.

I = corriente máxima de falla

P_r = Resistividad del terreno debajo del punto donde se pisa en ohm / m.

e) Cálculos de la resistividad del sistema de tierras.

La resistencia total de la malla con respecto a tierras se puede determinar en forma simplificada por la expresión:

Donde:

$$R = P_r / 4R + P_r / L$$

P_r = Resistividad del terreno.

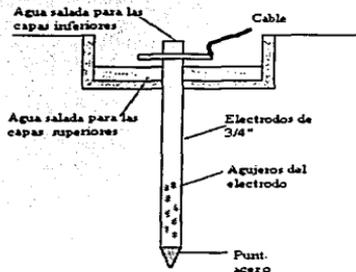
R = Radio en metros de una placa circular equivalente cuya área es la misma que la ocupada por la malla real de la tierra.

L = Longitud total de los conductores enterrados.

= Resistividad eléctrica del terreno en ohm / m.

Electrodo de un sistema de tierra

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



CONCLUSIONES.

La importancia que tiene conocer los conceptos básicos de el tema a estudiar es muy grande, debido a que es la base principal para poder entender y darle una o muchas aplicaciones en diversas áreas.

En este trabajo se dieron primeramente los conceptos de electricidad así como algunas aplicaciones en circuitos también se definió de una manera general el magnetismo.

Tanto de electricidad como de magnetismo se mencionan diferentes leyes y teoremas, los cuales nos sirven para darle aplicación en muchos campos que tengan que ver con la electricidad.

Sin duda la aplicación de la ingeniería eléctrica es sumamente amplia debido a que la electricidad es utilizada en todas partes, aquí se mencionan dos aplicaciones en áreas donde intervienen el magnetismo y la electricidad como son las instalaciones eléctricas y la iluminación estas se mencionan de una manera resumida ya que también son temas amplios

La finalidad de este trabajo es para entender los principios fundamentales del electromagnetismo así como sus diferentes leyes, por lo que se desarrollaron cuatro capítulos en forma resumida para poder entender sus diferentes aplicaciones, este trabajo no es una investigación sólo es una recopilación de apuntes vistos en clase y consultas de otros libros.

BIBLIOGRAFÍA

Robert L. Boylestad, "Análisis Introdutorio de Circuitos" 1998 Octava edición.
Editorial Prentice Hall, México .

John D. Kraus And Daniel A. Fleisch. "Electromagnetismo con Aplicaciones" Quinta Edición en español , McGraw—Hill Interamericana Editores, S.a de C.V., México D.F.

Ing. Juan Francisco Almaguer R.. "Apuntes de Instalaciones Eléctricas II". Instituto Politécnico Nacional, 1^{ra}. Edición.

Halliday Resnick. Física parte II. Editorial Ceca..