

SEP



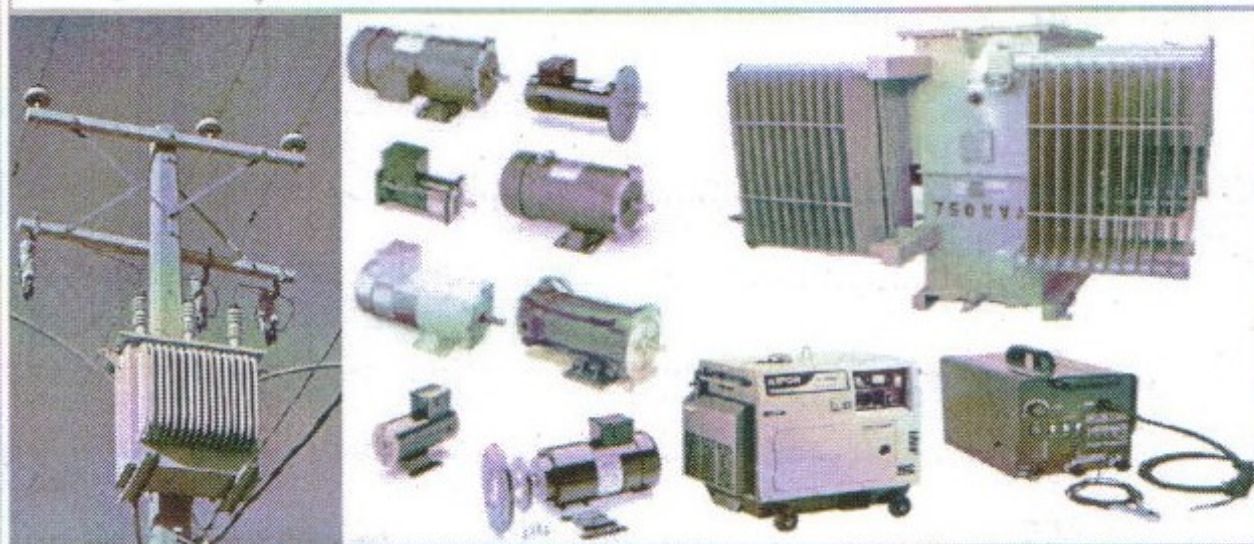
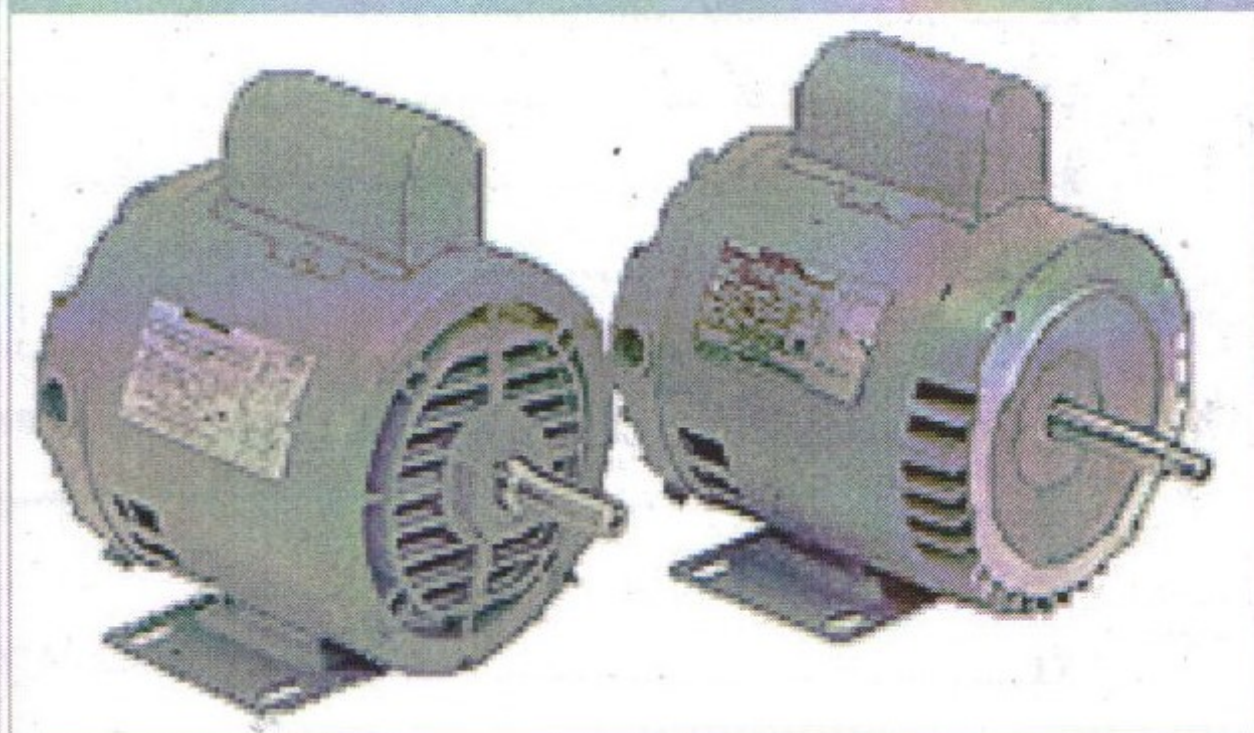
SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA

Azael Vega Narcea

><

2011

INSTALACIONES ELÉCTRICAS INDUSTRIALES



CECATI No. 31



INSTRUCTOR: PROF. VÍCTOR MANUEL BARRAGÁN GARCÍA.

CENTRO DE CAPACITACIÓN PARA EL
TRABAJO INDUSTRIAL No. 31

COATZACOALCOS, VER.

ÍNDICE

I.- ALUMBRADO INDUSTRIAL.....	4
LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO	4
TEORÍA DE SU FUNCIONAMIENTO	4
CONSTRUCCIÓN DE LAS LÁMPARAS.....	5
CARACTERÍSTICAS DE ILUMINACIÓN DE LAS LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO	6
DESIGNACIONES DE LAS LÁMPARAS	7
BALASTROS (RESISTENCIAS) PARA LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO.....	8
CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DE LAS LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO	11
LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO "SYLVANIA"	12
ADVERTENCIA.....	12
LÁMPARAS DE VAPOR DE SODIO	13
LÁMPARAS LUMALUX TEORÍA DE OPERACIÓN	13
CONSTRUCCIÓN DE LA LÁMPARA	15
CARACTERÍSTICAS DE ILUMINACIÓN DE LAS LÁMPARAS DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESIÓN LUMALUX	17
BALASTRO PARA LÁMPARAS LUMALUX.....	17
CARACTERÍSTICAS DE ILUMINACIÓN DE LAS LÁMPARAS LUMALUX.....	17
LÁMPARAS UNALUX TEORÍA DE OPERACIÓN.....	18
CONSTRUCCIÓN DE LA LÁMPARA	19
CARACTERÍSTICAS DE ILUMINACIÓN DE LAS LÁMPARAS UNALUX	21
BALASTRO PARA LÁMPARAS UNALUX 1.....	21
APLICACIÓN	21
LÁMPARAS DE ADITIVOS METÁLICOS	22
LÁMPARAS METALARC	22
CONSTRUCCIÓN DE LÁMPARA	23
PRINCIPIOS Y CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN	23
POSICIÓN DE OPERACIÓN	24
EFECTO DE LA POSICIÓN DE OPERACIÓN	24
PRODUCCIÓN LUMÍNICA Y MANTENIMIENTO	24



VIDA DE LA LÁMPARA.....	25
EFFECTO ESTROBOSCOPICO.....	25
BALASTROS PARA LÁMPARAS METALARC.....	26
EFFECTOS DE VARIACIÓN DE VOLTAJE DE LÍNEA.....	26
APLICACIONES.....	26
ADVERTENCIAS SOBRE LA LÁMPARA METALARC.....	28
INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN.....	28
PRÁCTICAS.....	30
II.- CONEXIÓN DE MOTORES MONOFÁSICOS Y TRIFÁSICOS.....	41
1. - MOTORES MONOFÁSICOS.....	41
2.- MOTORES CON CONDENSADOR DE ARRANQUE.....	47
3.-MOTORES TRIFÁSICOS.....	51
4.-MOTORES TRIFÁSICOS PARA DOBLE TENSIÓN DE SERVICIO.....	54
5.- PLACA DE CARACTERÍSTICAS.....	58
6.- PRACTICAS.....	61
III.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS TRIFÁSICAS.....	75
HISTORIA DE LOS CIRCUITOS TRIFÁSICOS.....	75
¿POR QUÉ SE USAN LOS CIRCUITOS TRIFÁSICOS?.....	75
¿CÓMO SE GENERA LA ENERGÍA TRIFÁSICA?.....	76
DEFINICIONES DE TÉRMINOS EMPLEADOS EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS.....	77
ACOMETIDAS TRIFÁSICAS.....	82
SUBESTACIONES ELÉCTRICAS.....	85
TRANSFORMADORES.....	85
CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS.....	86
INTERRUPTORES.....	89
CENTROS DE CARGA TRIFÁSICOS.....	95
IV. - CÁLCULO DE LOS CONDUCTORES ELÉCTRICOS.....	100
SISTEMA MONOFÁSICO A DOS HILOS.....	102
SISTEMA MONOFÁSICO A TRES HILOS.....	102
SISTEMA TRIFÁSICO A TRES HILOS.....	103
SISTEMA TRIFÁSICO A CUATRO HILOS.....	104



APLICACIÓN DE LOS CUATRO SISTEMAS	105
MONOFÁSICO A DOS HILOS	105
MONOFÁSICO A TRES HILOS	105
TRIFÁSICO A TRES HILOS.....	105
TRIFÁSICO A CUATRO HILOS.....	105
CALCULO DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS POR CORRIENTE Y CÁLCULO DE LOS DIÁMETROS DE TUBERÍAS CONDUIT.....	106
CALCULO DEL CALIBRE DE LOS CONDUCTORES ELÉCTRICOS POR CORRIENTE Y POR CAÍDA DE TENSIÓN ...	112
TABLA No. 1 (Tabla 10.8 NTIE.).....	116
TABLA No. 2 (Tabla 310-16 NTIE)	117
NUMERO DE CONDUCTORES EN UN TUBO CONDUIT.....	118
TABLA No 3 (Tabla 10-4 NTIE)	119
TABLA No 4	120
FUENTES DE INFORMACIÓN.....	121



I.- ALUMBRADO INDUSTRIAL

LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO

TEORÍA DE SU FUNCIONAMIENTO

La lámpara de vapor de mercurio pertenece a la clasificación conocida con el nombre de lámparas de descarga de alta intensidad lumínica, identificadas en inglés con las letras H.I.D. (High Intensity Discharge). En las lámparas de este tipo, la luz se produce al paso de una corriente eléctrica a través de un vapor o gas bajo presión, en vez de hacerlo a través de un filamento de tungsteno como en la lámpara incandescente.

La primera lámpara de vapor de mercurio de uso práctico fue construida por Peter Cooper Hewitt en el año de 1901. Era de forma tubular y medía 1.22 metros de largo. Producía una luz de un color característico verde-azulado de gran eficacia, en comparación con las lámparas incandescentes de aquellos días. La primera lámpara de vapor de mercurio de alta presión, similar a las usadas en la actualidad, hizo su aparición en el año de 1934 en la potencia de 400 vatios.

La potencia de las lámparas actuales fluctúa entre 40 y 1,500 vatios.

El circuito eléctrico de una lámpara de vapor de mercurio típica, se muestra en forma esquemática en la figura No. 1.1. Se necesita un balastro de tamaño y tipo adecuado para que la lámpara de vapor de mercurio funcione en cualquier circuito eléctrico regular; para ajustar el voltaje de distribución del circuito de alumbrado al voltaje que se requiere para encender y controlar la corriente durante su funcionamiento. Este control de la corriente es necesario debido a que la lámpara de vapor de mercurio, como todas las fuentes de luz de descarga, tiene la característica de "resistencia negativa": Una vez encendida, el arco se "desboca" tomando excesiva corriente la cual destruiría la lámpara si no se controlara por medio de un balastro. Los distintos tipos de balastos para lámparas de vapor de mercurio se describen más adelante.

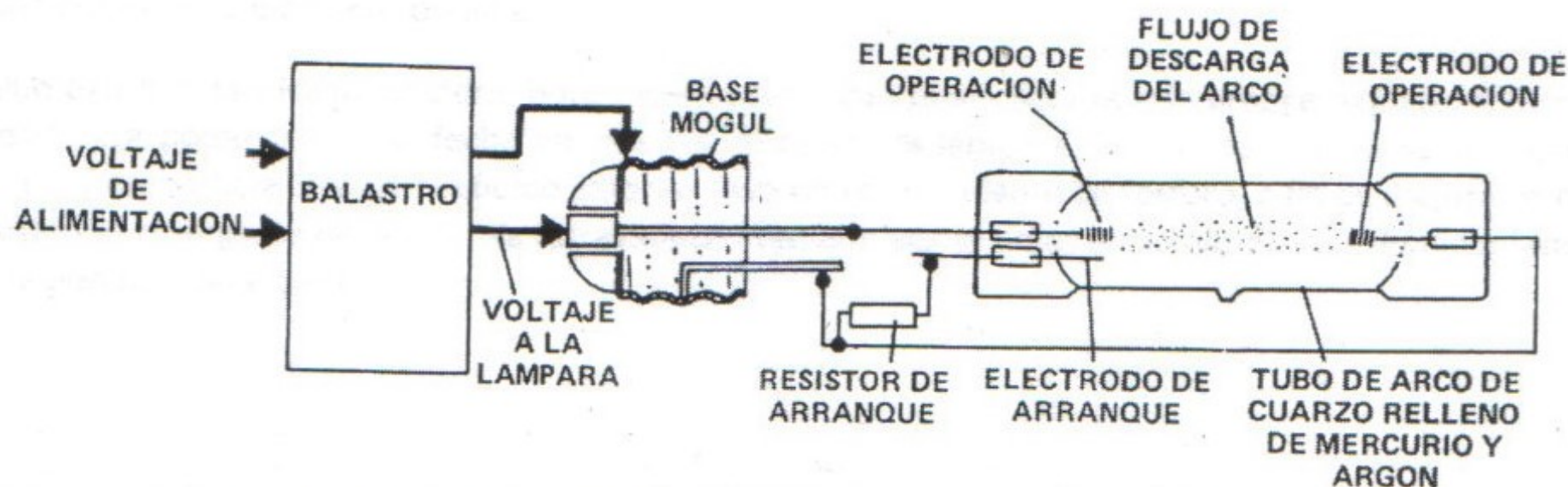


Figura No. 1.1. Circuito Eléctrico de una Lámpara de Vapor de Mercurio.

Cuando se conecta el interruptor de la línea de alimentación, el voltaje de arranque del balastro es aplicado a través del espacio existente entre los electrodos de operación situados en los extremos opuestos del tubo de arco y también a través del pequeño espacio entre el electrodo de operación y el de arranque. Lo anterior ioniza el gas argón en el espacio existente entre el electrodo de arranque y operación; pero la corriente es limitada a un valor pequeño, debido al resistor de arranque. Cuando hay suficiente argón ionizado y vapor de mercurio, distribuidos ambos a lo largo del tubo de arco, se establece una descarga entre los electrodos de operación. Esto vaporiza más mercurio, calentándose rápidamente la lámpara, hasta alcanzar una condición estable. Después de formarse el arco principal, el resistor de arranque provoca que

el potencial, a través del espacio de encendido, se mantenga muy bajo para mantener esta descarga, estableciéndose, en esta forma, el flujo de descarga entre los electrodos de operación.

Los iones y electrones que componen el flujo de la corriente (o "descarga del arco"), se ponen en movimiento a velocidades fantásticas a lo largo del trayecto existente entre los dos electrodos de operación situados en los extremos opuestos del tubo de arco. El impacto producido por los electrones y por los iones que viajan a enorme velocidad por el gas o vapor circundante, cambian ligeramente su estructura atómica. La luz se produce de la energía emitida por los átomos afectados, a medida que vuelven nuevamente a su estructura normal.

CONSTRUCCIÓN DE LAS LÁMPARAS

En la figura No. 1.2. se muestran las partes básicas de la lámpara de vapor de mercurio. A pesar de que existen muchos tamaños y formas, los tipos más comúnmente usados están contruidos a base de dos bulbos (bombillos), uno exterior, a manera de "cubierta", y otro interior, que es el "tubo de arco". El tubo de arco, fabricado de cuarzo, contiene el arco propiamente dicho, vapor de mercurio, los electrodos y una pequeña cantidad de gas argón.

El bulbo exterior llenado comúnmente de nitrógeno, sirve para proteger al tubo de arco contra el deterioro y la corrosión atmosférica. También regula la temperatura de funcionamiento del tubo de arco y actúa como filtro para absorber la radiación ultravioleta.

Las lámparas de vapor de mercurio de Sylvania están dotadas de un marco de montaje para el tubo de arco, construido de una sola pieza (uso rudo). El tubo de arco se encuentra firmemente sostenido y colocado correctamente por medio de soportes de resorte espaciadores. La construcción de los electrodos de operación es trimetálica, lo cual garantiza una alta emisión de electrones y un óptimo mantenimiento lumínico. El electrodo consta de un vástago de tungsteno que sirve de base a una bobina de tungsteno enrollada, que contiene (entre su devanado) un compuesto emisor de óxidos trimetálicos. Está protegida por una bobina de tungsteno roscada.

El bulbo exterior, fabricado de vidrio borosilicato (duro) con base mecánica de bronce niquelado, ofrece la facilidad para poder grabar la fecha en que fue instalada la lámpara. En algunas lámparas de vapor de mercurio, la superficie interna del bulbo externo lleva un revestimiento de fósforo, a fin de mejorar el color, convirtiendo gran parte de la energía ultravioleta irradiada por el arco, en luz visible, predominantemente en la región roja del espectro.



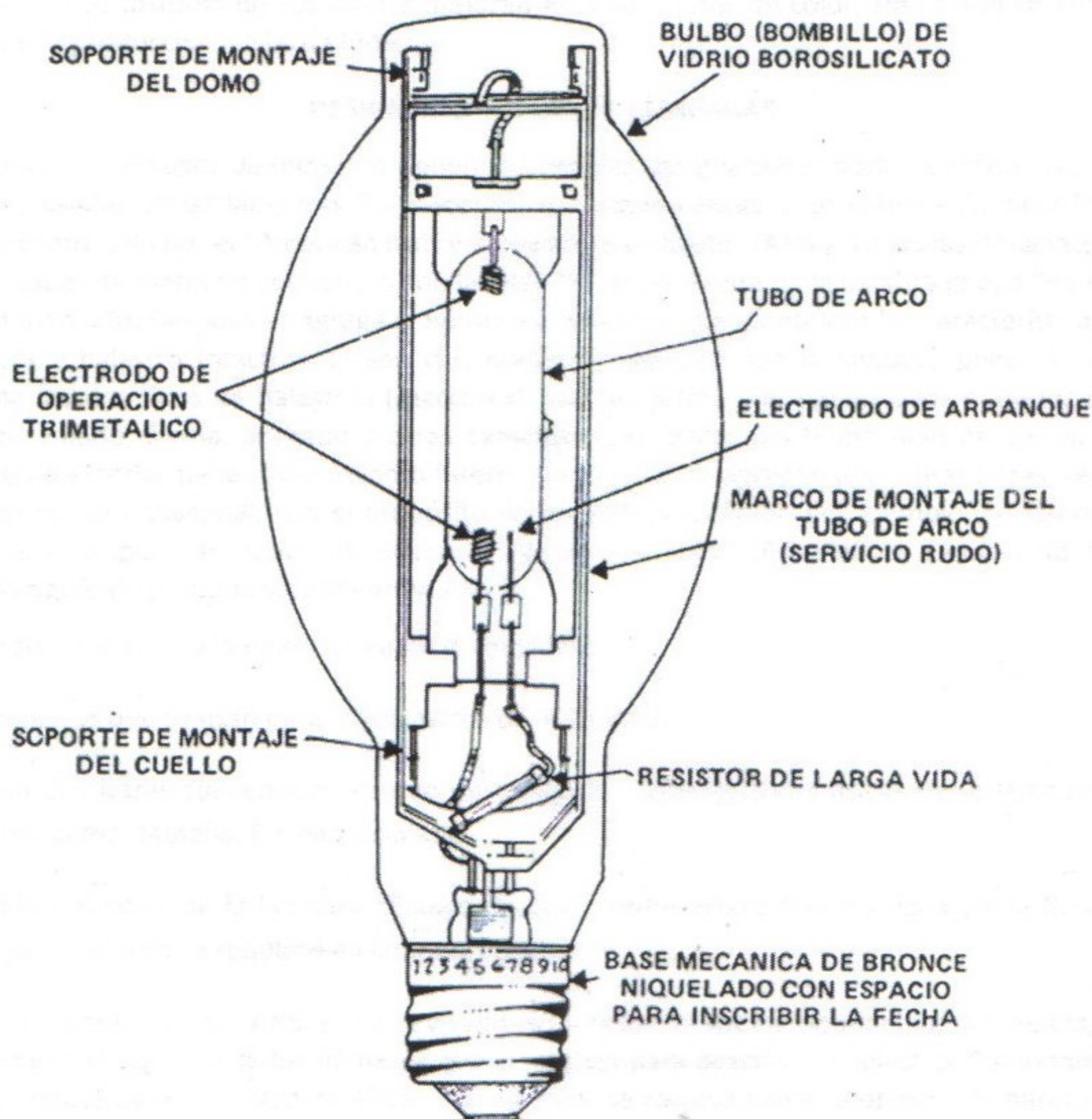


Figura No. 1.2. Partes básicas de la lámpara de Vapor de Mercurio.

CARACTERÍSTICAS DE ILUMINACIÓN DE LAS LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO

Eficacia

Importante ventaja —entre otras— de las lámparas de vapor de mercurio es su gran emisión luminosa. La eficacia inicial (a las 100 horas de operación) varía de 30 a 63 lúmenes por vatio (dependiendo del vatiaje y acabado de la lámpara). Esto no incluye las pérdidas del balastro, que se deben sumar a los vatios de la lámpara al hacer comparaciones con otras fuentes de luz.

La lámpara de vapor de mercurio de bulbo claro, produce una luz de color blanco azulado, en la cual no existe virtualmente radiación roja. Debido a las fuertes líneas azules, verdes y amarillas, estos colores, en los objetos, se realzan notablemente; sin embargo, la falta de color rojo hace que el anaranjado y el rojo se aprecien parduscos.

El revestimiento de fósforo aplicado en la superficie interior del bulbo exterior, mejora enormemente el color de la luz al convertir parte de la energía ultravioleta en luz visible, de forma similar a las lámparas



fluorescentes. Estos fósforos no solamente mejoran el rendimiento de color, sino también aumentan, en algunos casos, la producción inicial de lúmenes.

DESIGNACIONES DE LAS LÁMPARAS

Todas las lámparas de vapor de mercurio tienen sus propias designaciones para identificación, totalmente distintas a las usadas en las lámparas fluorescentes e incandescentes. Este sistema de identificación está autorizado y controlado por el "American National Standard Institute" (ANSI). Todas las designaciones de las lámparas de vapor de mercurio comienzan con la letra "H" proveniente de la palabra griega "Hydrargyrum", que significa mercurio. Después se agrega el número o números que identifican las características eléctricas de la lámpara y balastro (reactor). Si son dos números, significa que la lámpara puede funcionar con cualquiera de los dos tipos de balastos (reactores). Las dos letras que siguen a los números sirven para identificar el tamaño, forma, acabado y otras características físicas del bulbo (con excepción del color). Cuando el bulbo exterior tiene revestimiento interno de fósforo, se agregan una o más letras, separadas de las anteriores por una diagonal, con el propósito de especificar el color. Por ejemplo, la descripción H33-1GL/DX de una lámpara de vapor de mercurio "Blanco de Lujo" (Brite-White Deluxe) de 400 vatios, representa lo siguiente (*antigua identificación ANSI*):

- H — Indica que es una lámpara de vapor de mercurio.
- 33-1 — Números que se usan para los balastos de 400 vatios.
- GL — Son dos letras convencionales que describen las características físicas de la lámpara, tales como: tamaño, forma y acabado.
- DX — Indica el color de la lámpara "Blanco de Lujo" (Brite-White Deluxe). Esta parte de la designación no se requiere en lámparas claras.

La designación establecida por ANSI se ha revisado para incluir el vatiaje nominal de la lámpara. Al mismo tiempo se eliminó el segundo de los números que se usaban para describir el balastro. Por lo tanto, 33-1 es ahora 33 tratándose de un balastro de 400 vatios. La clave se cambió con el propósito de hacer más exacta la identificación de una lámpara específica.

Usando el nuevo sistema, la lámpara de vapor de mercurio de 400 vatios DX se convierte en H33GL-400/DX.

- H — Indica que es una lámpara de vapor de mercurio.
- 33 — Números que se usan para los balastos de 400 vatios.
- GL — Igual a la antigua designación ANSI.
- 400 — Indica el vatiaje nominal de la lámpara.
- DX — Indica el color de las lámparas; en el ejemplo: "Blanco de Lujo" (Brite-White Deluxe).

Lámparas de Luz Mixta (Lámparas Mezcladoras)

Las lámparas de luz mixta con balastro (resistencia) incorporada, se producen en distintos vatiajes y formas de bulbos. Estas lámparas se diseñan para operar en circuitos de 120 ó 220-240 voltios, sin el balastro exterior requerido por las lámparas de vapor de mercurio regulares. En este tipo de lámparas la función del



balastro es substituida por un filamento de tungsteno operando en serie, con el tubo de arco que controla la corriente y el voltaje requerido por la lámpara. Las lámparas de luz mixta son mucho menos eficientes y de menor duración que las de vapor de mercurio que funcionan con el balastro separado, ello debido a la baja eficacia del filamento de tungsteno.

BALASTROS (RESISTENCIAS) PARA LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO

Las lámparas de vapor de mercurio (como todas las lámparas de descarga de alta intensidad —H.I.D.—), se deben usar con un dispositivo auxiliar llamado balastro (resistencia). Sus funciones principales son proveer el suficiente voltaje de arranque a la lámpara y limitar la corriente de operación. Si esta corriente en las lámparas de descarga de alta intensidad (H.I.D.) no se controlara seguiría incrementándose hasta destruir la lámpara. Todas las lámparas de vapor de mercurio requieren de un balastro diseñado de tal manera, que cumpla con los parámetros eléctricos requeridos por cada tipo.

Balastro Tipo Reactor — Serie Bajo Factor de Potencia

El reactor-serie de bajo factor de potencia es el tipo de balastro más sencillo. Básicamente consiste de una "inductancia" formada por una bobina colocada en un núcleo de hierro con una pequeña interrupción o entrehierro en la trayectoria magnética. La función del entrehierro es obtener un cierto grado de linealidad, lo que mejora considerablemente la regulación. El balastro tipo reactor se puede usar únicamente, cuando el voltaje de línea es mayor que el voltaje de arranque requerido por la lámpara. Con este tipo de reactor-serie, el factor de potencia del circuito es de aproximadamente un 50 por ciento en atraso, dado que la única función del reactor, es controlar la corriente: se trata, en realidad, del balastro más económico, más pequeño y más eficiente. Sin embargo, debido a su construcción, este tipo de reactor no puede absorber grandes fluctuaciones del voltaje de la línea y no se recomienda cuando las variaciones exceden del 5 por ciento. La representación esquemática se muestra en la figura No. 1.3.

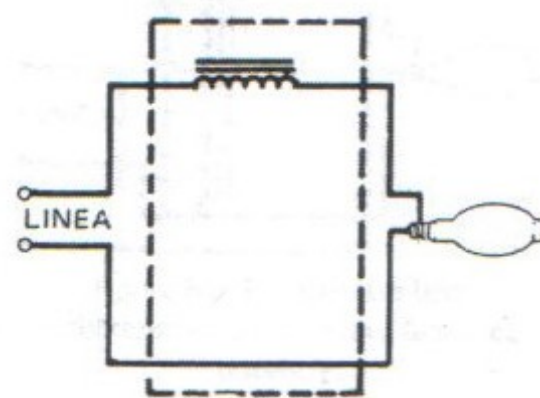


Figura No. 1.3. Balastro tipo reactor serie de bajo factor de potencia.

Balastro Tipo Reactor—Serie de Alto Factor de Potencia

El balastro tipo reactor-serie de bajo factor de potencia, puede cambiarse a alto factor de potencia, agregándole un capacitor a través de la línea según se indica en la figura No. 1.4. Sin embargo, la corriente de lámpara y su regulación, continúan con los mismos valores que cuando se opera con un reactor tipo serie de bajo factor de potencia. Con el capacitor conectado a través de la línea, no se afecta el circuito de la lámpara, por el contrario, aumenta el factor de potencia del sistema en un valor superior al 90 por ciento. Además, se reduce el valor de la corriente proporcionada a la lámpara, bajo las condiciones de arranque y el funcionamiento hasta en un 50 por ciento, en comparación con el sistema de bajo factor de potencia; lo cual permite usar mayor número de balastros y lámparas en una línea con conductores de calibre determinado.

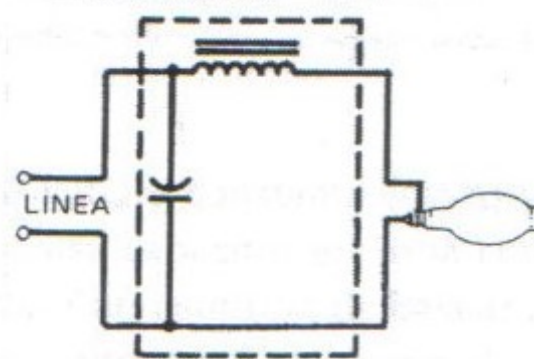


Figura No. 1.4. Balastro tipo reactor serie de alto factor de potencia.



Balastro Tipo Autotransformador de Bajo Factor de Potencia

Cuando el voltaje de la línea es más bajo que el voltaje mínimo de arranque de la lámpara, se usa un transformador, en combinación con el reactor, para elevar el voltaje de la línea. Normalmente, este tipo de operación se logra combinando un devanado secundario, conectado en serie, con un devanado primario, formando un autotransformador de una sola pieza; conocido también como balastro de alta reactancia. Este circuito tiene un factor de potencia aproximadamente del 50 por ciento, con las mismas ventajas y desventajas que el circuito con reactor de bajo factor de potencia. La representación esquemática se muestra en la figura No. 1.5.

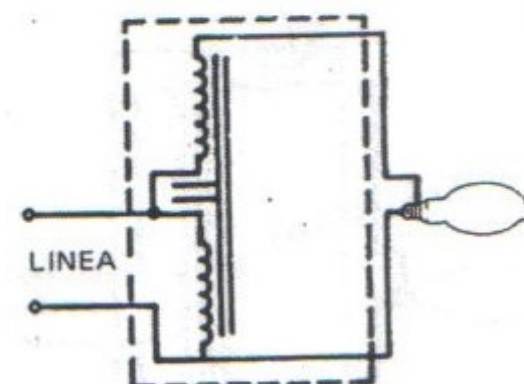


Figura No. 1.5. Balastro tipo autotransformador de bajo factor de potencia.

Balastro Tipo Autotransformador de Alto Factor de Potencia

Agregando un capacitor al circuito primario de un balastro tipo autotransformador se obtiene un balastro, tipo autotransformador, de alto factor de potencia, como se indica en la figura No. 1.6. Con objeto de lograr un sistema más económico, el balastro autotransformador, de alto factor de potencia, se diseña con un devanado capacitor extra. Esta combinación del devanado adicional y capacitor, aumenta el factor de potencia del sistema en un 90 por ciento aproximadamente. El efecto en la corriente de entrada es el mismo que se presenta en el balastro tipo reactor alto factor de potencia. El comportamiento de la lámpara y la regulación también permanecen igual.

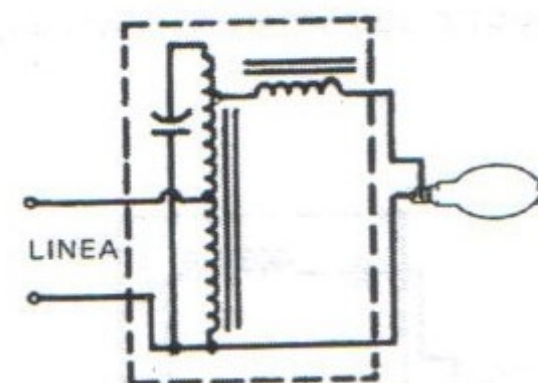


Figura No. 1.6. Balastro tipo autotransformador de alto factor de potencia.

Balastro Tipo Autotransformador de Vatiage Constante

Para aplicaciones donde se requiere una emisión lumínica estabilizada, con voltajes de línea de alimentación variables, se debe usar un balastro tipo autotransformador de vatiage constante.

El autotransformador de vatiage constante (CWA) suministra un razonable grado de regulación adicional, ofreciendo ventajas tanto económicas como de tamaño reducido. Se pueden mencionar algunos beneficios adicionales logrados con el uso de balastros CWA, éstos son: alto factor de potencia, bajos voltajes de extinción y corrientes de arranque menores que las corrientes de operación.

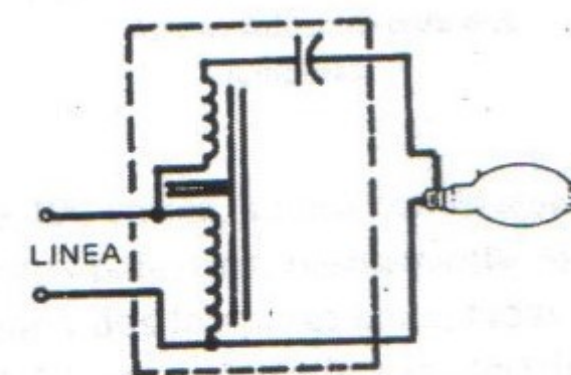


Figura No. 1.7. Balastro tipo autotransformador de vatiage constante (CWA).

La diferencia eléctrica básica, entre el balastro tipo autotransformador de vatiage constante (CWA) y el balastro tipo autotransformador alto factor de potencia, es que el primero usa capacitor en serie con la lámpara (como se indica en la figura No. 1.7.), en lugar de usarlo en paralelo. Con este tipo de balastro se obtiene una operación con mayor estabilización de vatiage de lámpara, independientemente de las variaciones de voltaje que se registren en el circuito de alimentación. Cuando el capacitor realiza una función reguladora importante, como en el caso del balastro tipo autotransformador de vatiage constante (CWA), el circuito se denomina circuito en adelanto. Se denominan circuitos en atraso cuando la "inductancia" actúa como "impedancia" de regulación, como en el caso del balastro de tipo reactor y el balastro tipo autotransformador de alta "reactancia". El capacitor usado en circuitos en atraso, cumple con la función específica de corregir el factor de potencia, pero de ninguna forma influye en la función de regulación.



Balastro Tipo Vatiage Constante Perfeccionado

Para usos que requieren una producción lumínica más estable, con variaciones de voltaje en la línea de alimentación, se recomienda usar el balastro tipo vatiage constante (CW). Tanto este balastro como el balastro tipo autotransformador, vatiage constante (CWA), emplean un circuito en adelante; pero a diferencia de este último, el balastro convencional de vatiage constante está construido como un transformador de aislamiento, según se describe en la figura No. 1.8. El balastro tipo vatiage constante (CW) tiene la ventaja de mejorar la regulación de la producción luminosa, con el circuito de carga aislado, en comparación con el balastro tipo autotransformador de vatiage constante (CWA). Este tipo de balastro cuenta, adicionalmente, con las mismas ventajas del balastro tipo autotransformador de vatiage constante (CWA); tales como: alto factor de potencia, bajos voltajes de extinción y corrientes de arranque menores que las corrientes de operación.

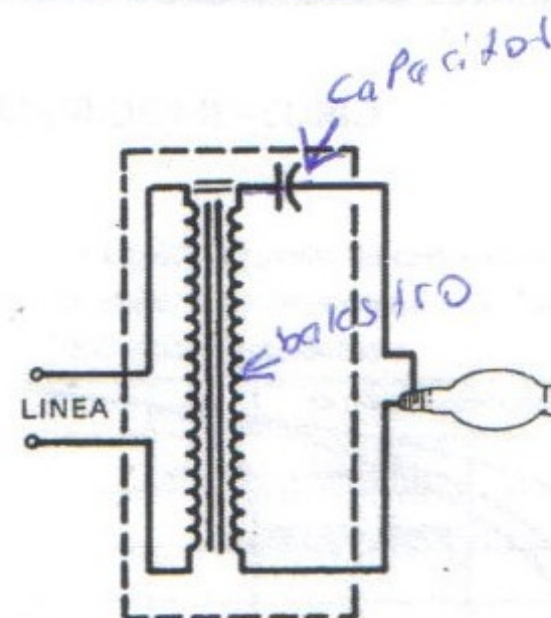


Figura No. 1.8. Balastro tipo vatiage constante perfeccionado.

Balastro Tipo Reactor en Atraso-Adelanto Para Dos Lámparas

Suele acostumbrarse operar dos lámparas de vapor de mercurio de 400 vatios, o bien 2 lámparas de 100 vatios de vapor de mercurio, con un balastro tipo reactor en atraso-adelanto para dos lámparas, el cual consiste en dos circuitos independientes. Una lámpara funciona con un reactor y la otra con un reactor y un capacitor conectados en serie, tal como se muestra en la figura No. 1.9. Cada lámpara funciona independientemente; y continúa funcionando, aun cuando una falle. El balastro tipo reactor, en atraso-adelanto para dos lámparas, suministra un alto factor de potencia y reduce el efecto estroboscópico.

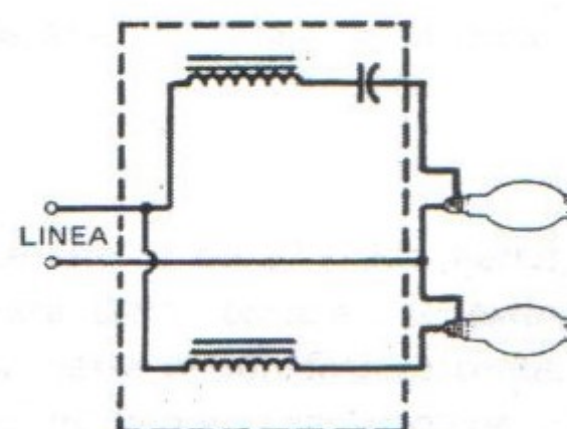


Figura No. 1.9. Balastro tipo reactor en Atraso-Adelanto para dos lámparas.

Balastro de Vatiage Constante con Circuito Serie Para Dos Lámparas

Frecuentemente, para usos interiores, la lámpara de vapor de mercurio de 400 vatios, se usa con balastros de vatiage constante, con circuito serie para dos lámparas. El circuito de estos balastros, básicamente es el mismo que el de uno convencional, de vatiage constante, excepto que acciona dos lámparas conectadas en serie en un devanado secundario aislado, como se ilustra en la figura No. 1.10. Las características eléctricas son similares a las del balastro convencional, de vatiage constante para una sola lámpara; salvo en la regulación, que es igual al de un balastro tipo autotransformador de vatiage constante.

El promedio de pérdidas en vatios de un balastro para lámpara de vapor de mercurio, debe considerarse aproximadamente, en un 10 por ciento de los vatios de la lámpara, dependiendo, por supuesto, del tipo de balastro y lámpara que se use.

Las corrientes de arranque de la lámpara, son considerablemente superiores cuando se usan balastros inductivos (autotransformador o reactor), que cuando se usan balastros tipo CW o CWA. Resulta de vital importancia considerar las corrientes de arranque al seleccionar el calibre del conductor del circuito alimentador. Es conveniente consultar la información suministrada por los fabricantes de balastros respecto a sus valores específicos.

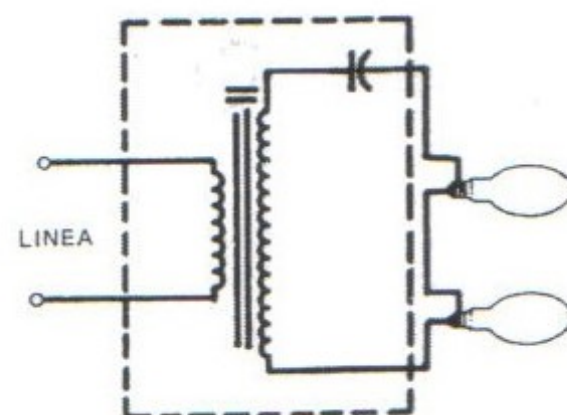


Figura No. 1.10. Balastro de Vatiage Constante con circuito serie (aislado) para dos lámparas.



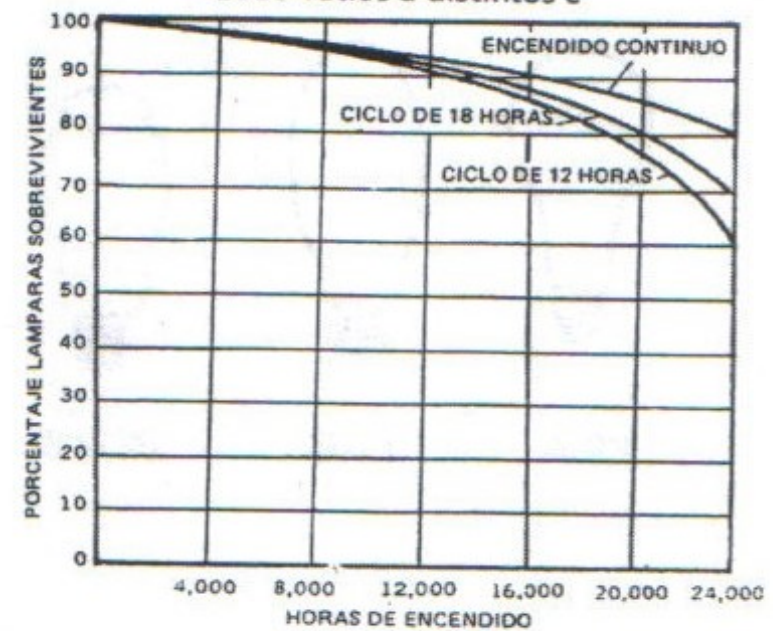
CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN DE LAS LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO

Vida de la Lámpara

Una de las características sobresalientes de las lámparas de vapor de mercurio es su larga vida. Casi todas estas lámparas usadas en alumbrado general, de 100 a 1000 vatios, tienen una vida promedio, por lo menos, de 24,000 horas. Las lámparas de base mediana de 40, 75 y 100 vatios, tienen una vida promedio de 16,000 horas. Las lámparas A-23 tienen una vida promedio también de 16,000 horas.

En la figura No. 24 se indican las curvas de caducidad de las lámparas de vapor de mercurio de 175, 400 y 1,000 vatios. La duración real en servicio depende en gran parte de las condiciones de operación: siempre será mayor cuando el ciclo de encendido es continuo que en ciclos intermitentes. La vida de la lámpara también es afectada por diversas condiciones de funcionamiento, tales como la temperatura ambiental excesivamente alta, el voltaje de la línea y el diseño del balastro.

Figura No. 24. Vida útil o curvas de caducidad de las lámparas de vapor de mercurio de 175, 400 y 1000 vatios a distintos c



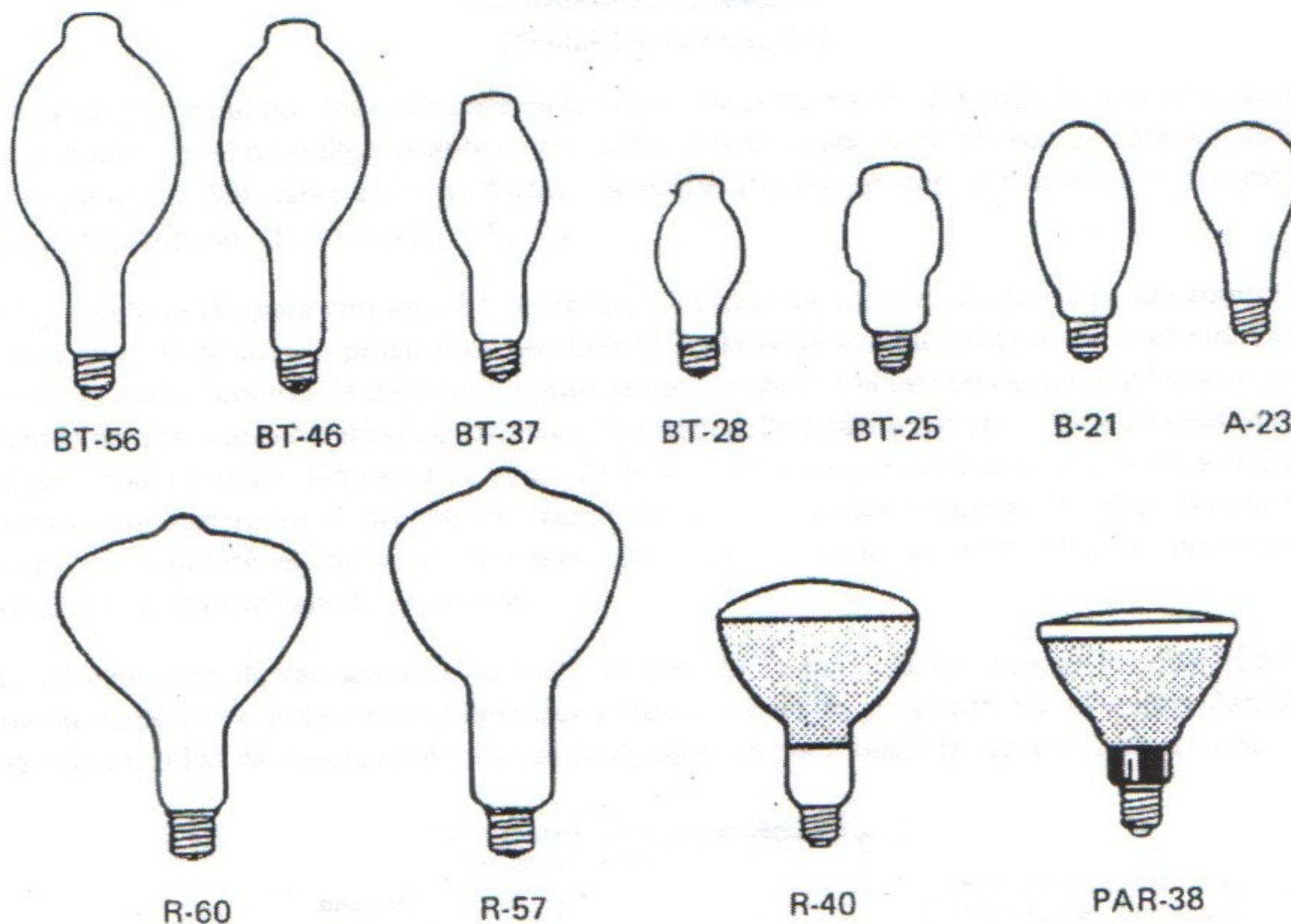
Efecto Estroboscópico

El arco en una lámpara de vapor de mercurio que funciona con corriente alterna de 60 ciclos (hertz), se extingue completamente 120 veces por segundo. La luz de la lámpara clara, también se extingue completamente, pero en las lámparas con revestimiento de fósforo hay cierta acción fosforescente, es decir, que el revestimiento continúa destellando por un corto tiempo, después de que la radiación del tubo de arco se termina. Sin embargo, existe una variación rápida en la emisión luminosa, la cual, bajo ciertas circunstancias, puede producir lo que se denomina efecto estroboscópico. Debido a esto, un objeto que se mueve a una velocidad uniforme, puede dar la impresión de moverse bruscamente. Bajo las condiciones más extremas, un objeto giratorio (como un volante), podría parecer estar inmóvil o girar en dirección inversa. A menudo el efecto estroboscópico pasa desapercibido y en la mayoría de las instalaciones, no constituye ningún problema. Se puede reducir operando las lámparas en pares, con balastros del tipo atraso-adelanto; o bien, tres lámparas operadas en fases diferentes de un circuito trifásico. Muchas instalaciones con lámparas de vapor de mercurio, funcionan satisfactoriamente en zonas donde se desarrollan movimientos rápidos o bruscos; por ejemplo: talleres de construcciones mecánicas, gimnasios, canchas de tenis u otras áreas deportivas.



LÁMPARAS DE VAPOR DE MERCURIO "SYLVANIA"

Tamaños y Formas de Bulbos



ADVERTENCIA

La lámpara de vapor de mercurio debe usarse solamente en luminarias con circuitos equipados apropiadamente. La operación con equipo incompatible, puede causar la destrucción de la lámpara, pudiendo producir daños físicos a personas o al equipo.

A pesar de que la lámpara de vapor de mercurio de base media puede usarse en portalámparas ordinarios (base media), nunca deberán instalarse en tales portalámparas sin el balastro adecuado, requerido para la operación de lámparas de vapor de mercurio.

Se recomienda desconectar el circuito en caso de quitar o colocar una lámpara.

Si el bulbo exterior se rompe, deberá desconectarse inmediatamente el circuito de la lámpara para evitar la exposición a la energía ultravioleta, la cual puede ser dañina a los ojos y a la piel.

No deberá someterse el bulbo a ninguna presión, debido a que puede causar su rotura.

A pesar de que el bulbo exterior se fabrica de vidrio resistente a la intemperie, se requiere de una protección externa para la lámpara, con objeto de minimizar el riesgo de rotura y evitar el contacto con el agua durante su funcionamiento.



LÁMPARAS DE VAPOR DE SODIO

LÁMPARAS LUMALUX TEORÍA DE OPERACIÓN

La lámpara lumalux es el tipo más eficiente de la familia de lámparas de descarga de alta intensidad (H.I.D.). La luz se produce por el paso de corriente eléctrica a través de vapor de sodio, con una presión determinada a alta temperatura. Sus características físicas, eléctricas y fotométricas son diferentes a otros tipos de lámpara de descarga de alta intensidad (H.I.D.).

Las ventajas de una lámpara con arco de descarga, de vapor de sodio a alta presión, son conocidas desde hace varios años. El desarrollo práctico de una lámpara que tuviera características de larga vida para uso en iluminación general, requirió de descubrimientos sensacionales en el campo de la tecnología de materiales. El desarrollo de una nueva cerámica, el óxido de aluminio policristalino (polycrystalline aluminum oxide), fue la clave para poder fabricar lámparas de vapor de sodio a alta presión para usos prácticos, este material es extremadamente resistente al ataque del vapor de sodio y puede soportar las altas temperaturas de operación que requiere el logro de una gran eficiencia y, adicionalmente, cuenta con características excelentes para la transmisión de luz visible.

El principal elemento de radiación en el tubo de arco de la lámpara lumalux es el sodio. Sin embargo, contiene mercurio como gas corrector del color y, adicionalmente, para controlar el voltaje. También existe una pequeña cantidad de xenon, en el tubo de arco, utilizado para iniciar la secuencia de arranque.

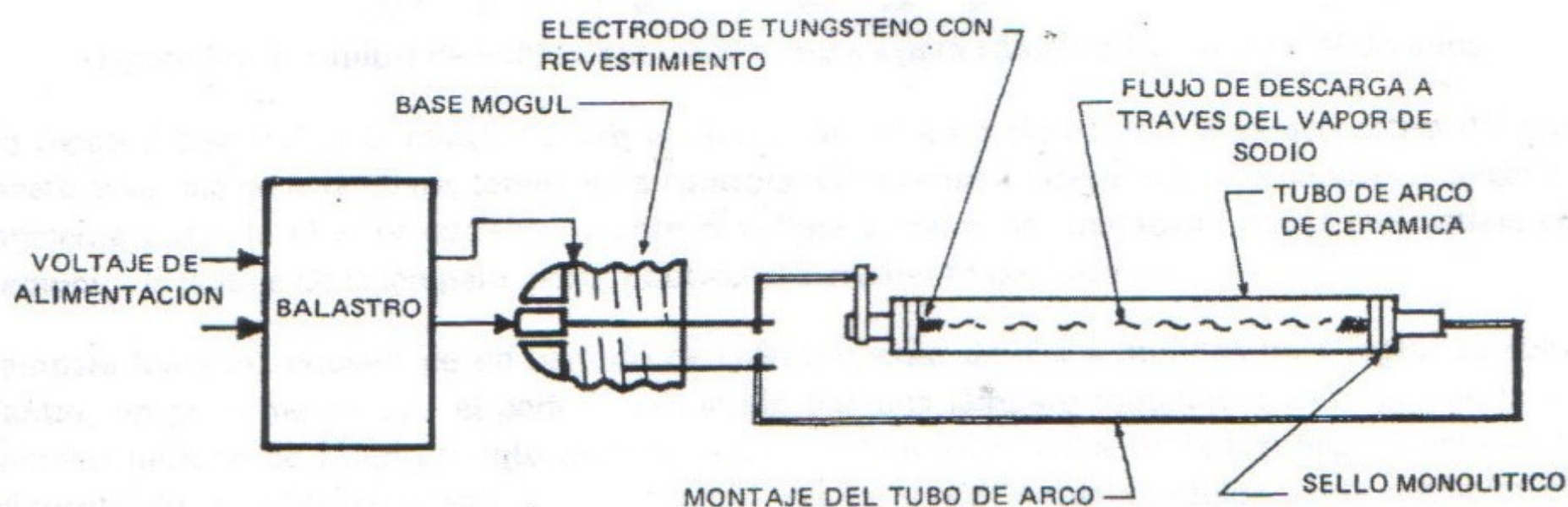


Figura No. 2.1. Circuito Eléctrico de la Lámpara Lumalux.

Para su ignición, la lámpara requiere voltajes extremadamente altos, debido a la geometría del tubo de arco, el cual deberá ser largo y estrecho, a fin de lograr la máxima eficacia y, además, al hecho de no usar electrodos de arranque sino únicamente gas xenón que facilita la ignición inicial. La función de arranque, se logra por medio de un circuito electrónico (ignitor), que trabaja en conjunto con los componentes magnéticos del balastro. El "ignitor" provee un corto pulso de alto voltaje en cada ciclo o mitad del ciclo del voltaje de alimentación. El pulso tiene suficiente amplitud y duración para ionizar el gas xenón y, de esta forma, iniciar la secuencia de arranque de la lámpara.

El balastro también realiza las funciones propias del mismo, tales como el voltaje suficiente de circuito abierto para sostener la operación del arco, limitar la corriente de operación de la lámpara y regular su potencia como función de la propia lámpara y del voltaje de alimentación. En la figura 2.1 se muestra el diagrama esquemático de la lámpara lumalux y su balastro.



La lámpara vapor de sodio de alta presión se fabrica con un exceso de sodio, en forma de amalgama con mercurio. Después de un periodo de operación de la lámpara, parte del vapor de sodio se pierde, en el flujo del arco, a través de varios mecanismos. Debido al cambio de la relación de presiones de sodio y vapor de mercurio, el voltaje del arco se incrementa. Eventualmente, el voltaje de operación de la lámpara se incrementará a un nivel más allá del voltaje que el balastro pueda sostener, cuando esto sucede, la lámpara arrancará, calentándose hasta lograr su completa brillantez y luego se extingue. Cuando la secuencia de operación se repite regularmente, se dice que esta ciclando. Las lámparas de vapor de sodio de alta presión presentan la característica de cicleo cuando su vida ha llegado al final.

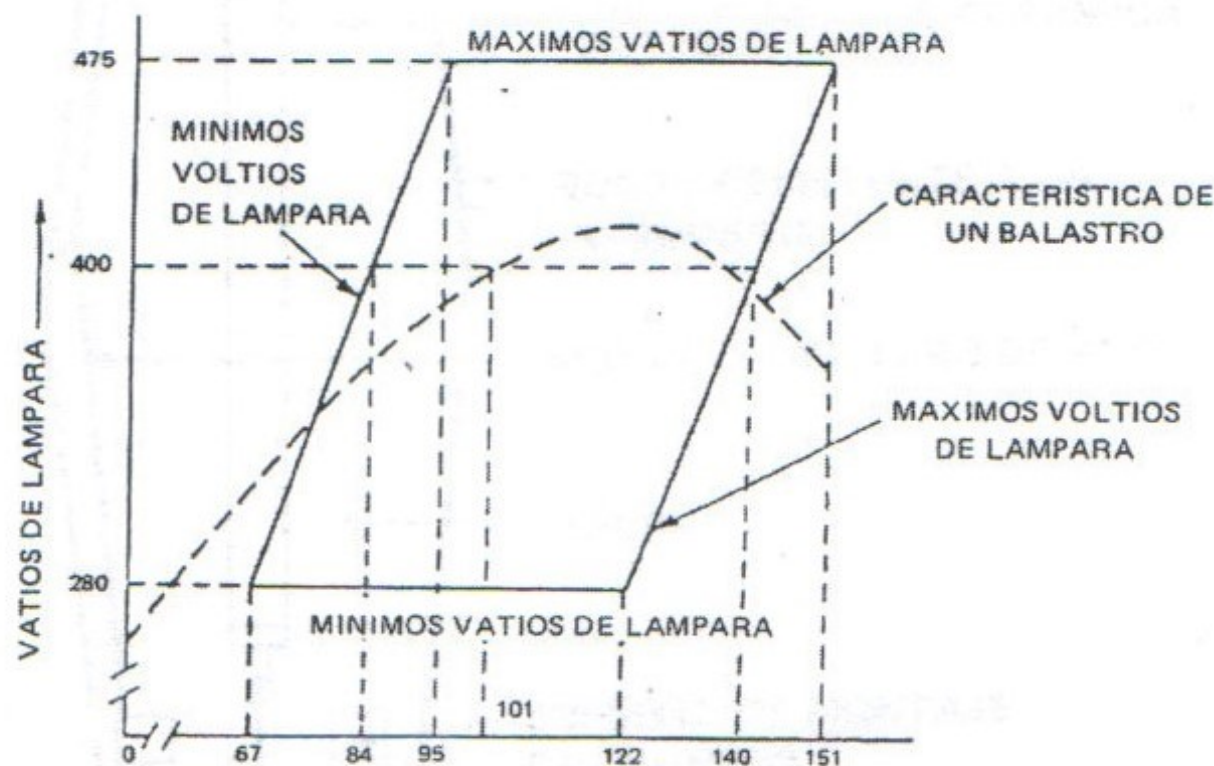


Figura No. 2. Límites de Voltios-Vatios de Lámpara para Lámpara Lumalux de 400 Vatios.

En la figura 2.2 se indica la relación entre el voltaje de lámpara deseado y la característica del balastro respecto al vatiaje de la lámpara, tendiente a controlar el incremento del voltaje. La pendiente negativa que se presenta pasando el valor correspondiente al voltaje nominal de operación, decrece el vatiaje con un incremento de voltaje de la lámpara, pero reducido el incremento del mismo.

La lámpara lumalux requiere de un período de calentamiento de 3 a 4 minutos para lograr su completa brillantez, un poco menor que el período requerido por una lámpara metalarc o de vapor de mercurio. Durante el período de calentamiento existen varios cambios en el color de la luz. Inicialmente existe un débil resplandor azul-blanco producido por la ionización del xenón, el cual es rápidamente reemplazado por un brillante color azul, típico de la luz de mercurio. Con un incremento en la brillantez, se efectúa un cambio al amarillo monocromático, característico del sodio a baja presión. Así, cuando la presión en el tubo de arco se incrementa, la lámpara logra su completa brillantez produciendo una luz blanca dorada. Si existe una interrupción momentánea de energía, el tiempo de re-encendido será de aproximadamente un minuto.



CONSTRUCCIÓN DE LA LÁMPARA

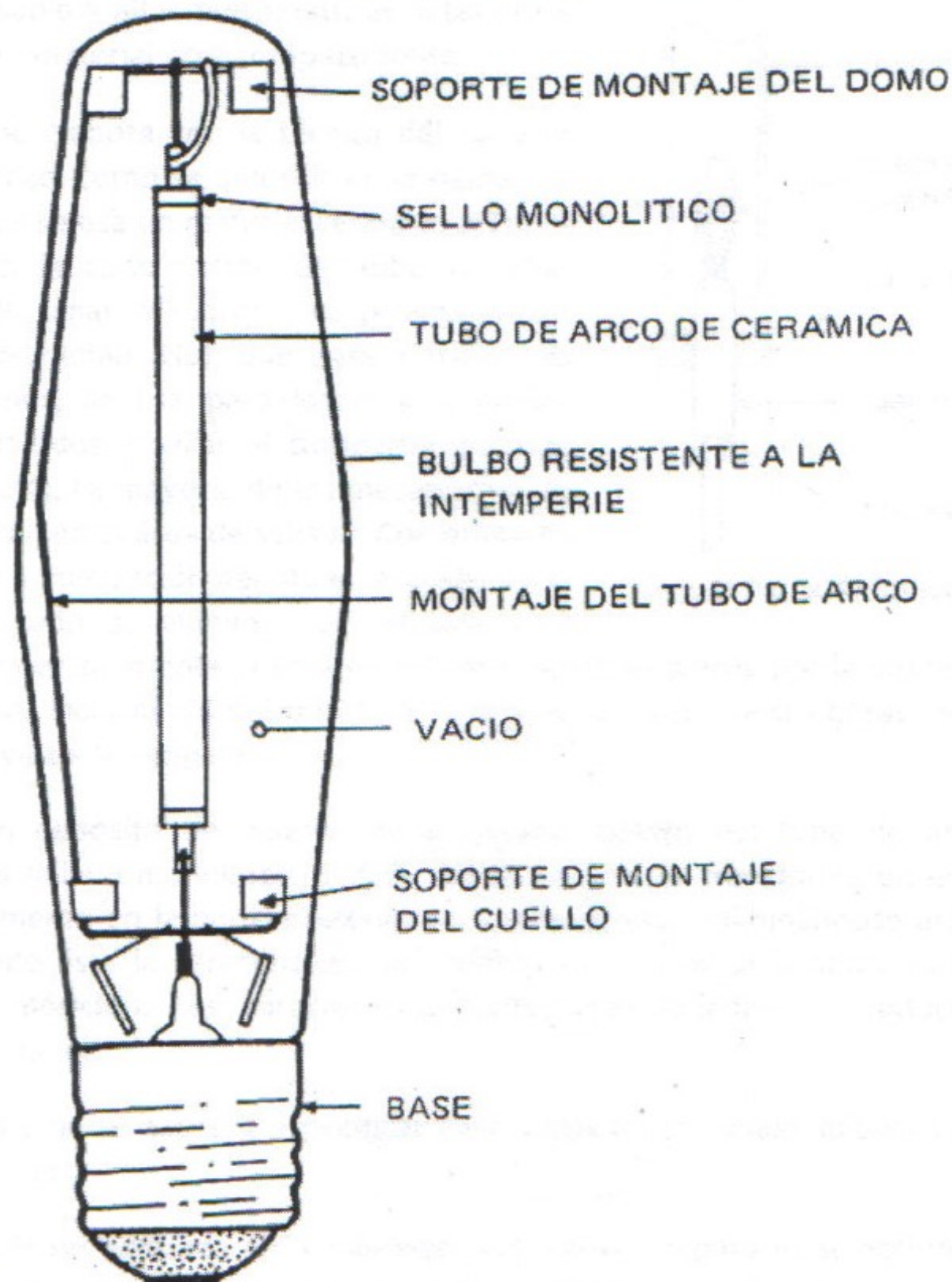


Figura No. 2.3. Componentes Básicos de la lámpara Lumalux.

Los componentes básicos de una lámpara lumalux se muestran en la figura 2.3. Al igual que las lámparas de vapor de mercurio y metalarc, este tipo de lámparas se fabrican con dos envoltentes. Un bulbo exterior "cubierta" y uno interior "tubo de arco". El tubo de arco cerámico contiene los electrodos, amalgama de mercurio-sodio y una pequeña cantidad de xenón. El envoltente o bulbo exterior de vidrio, resistente a la intemperie (borosilicato), protege al tubo de arco y, debido a que se encuentra al vacío, reduce las pérdidas de calor por las corrientes de conducción y convección originadas en el tubo de arco, asegurando en esta forma una alta eficacia.

El tubo de arco en la lámpara lumalux es largo y esbelto, se fabrica con cerámica de óxido de aluminio policristalino. La geometría del tubo está determinada por los requerimientos de alta temperatura para vaporizar el sodio. Se requiere que la cerámica resista esas temperaturas. El material del tubo de descarga es translúcido y adecuado para la transmisión y generación de luz en lámparas de alta intensidad de descarga, con una transmitancia de aproximadamente 95 por ciento en las longitudes de onda de luz visible. Debido a que el material no contiene impurezas ni pequeños poros, el material de fabricación del tubo de



arco es altamente resistente al efecto corrosivo del sodio a alta temperatura. El sodio a altas temperaturas deteriora al cuarzo o cualquier otro material similar rápidamente.

La lámpara lumalux se elabora con la técnica del tubo de arco con sello monolítico, como se muestra en la figura 2.4. En el diseño monolítico se usa un material cerámico idéntico al material usado en la construcción del tubo de arco, consiguiendo con esto sellar la mayor área posible en sus extremos. Un tubo de niobio (Nb), que pasa a través del centro de los extremos, se usa para lograr la conexión eléctrica con los electrodos y sellar el compartimiento de descarga. (ver figura 2.4). La mayoría de los mecanismos de pérdida de sodio operan en el área de sellado. Con el diseño monolítico se logra la minimización del material usado en el sellado del metal al tubo de alúmina policristalino. Esto reduce o elimina considerablemente el área en la cual el sodio se pierde por la descarga en el arco, dando como resultado, un bajo incremento del voltaje de la lámpara a través de sus horas de vida, asegurando, de esta forma, una larga vida a la lámpara.

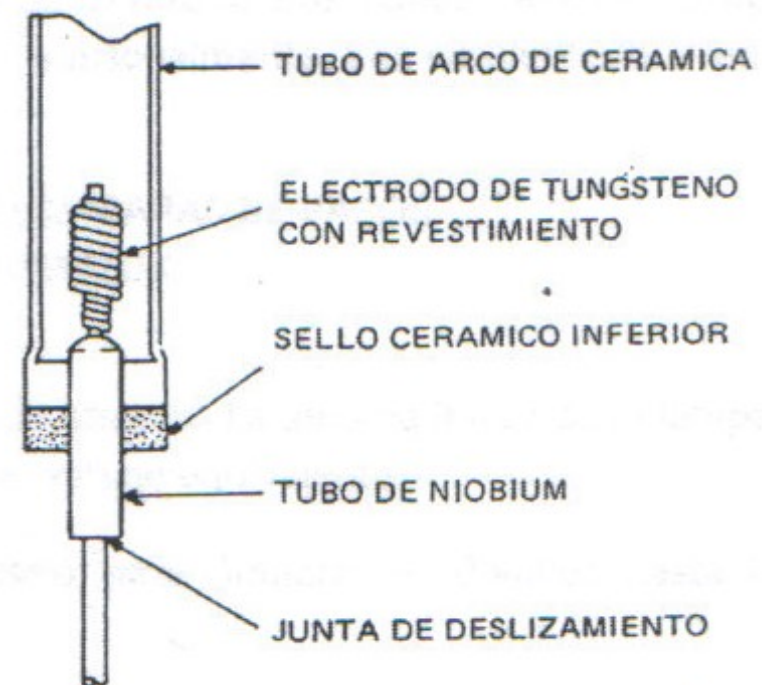


Figura No. 2.4. Construcción Monolítica

La localización de un depósito de reserva de amalgama dentro del tubo de arco se logra única y exclusivamente con el sellado monolítico. El depósito de reserva se transforma en un área fría dentro del tubo de arco, normalmente en la parte posterior de los electrodos, eliminándose así la necesidad de una reserva exterior. Siendo ésta la característica primordial por la cual la lámpara lumalux Sylvania puede operar en cualquier posición. Las características antes mencionadas se traducen en dos ventajas importantes para el usuario:

1. Al ordenar la lámpara no se necesita especificar base arriba o base abajo, lo cual significa una reducción en el inventario requerido.
2. La lámpara no puede ser utilizada en forma incorrecta. Si la lámpara es seleccionada adecuadamente, ésta quedará colocada en posición correcta de operación a pesar de su orientación.

La eficacia de las lámparas de vapor de sodio de alta presión depende, principalmente, de la presión del vapor de sodio existente dentro del tubo de descarga. Para mantener esta presión, la temperatura en los puntos fríos del amalgama deberá ser la misma, a pesar del tipo de construcción del tubo de arco, y aún cuando el sellado monolítico del depósito de reserva interno está contiguo a los puntos fríos de la amalgama. En el caso del diseño de los extremos de metal con reserva externa, los puntos fríos del amalgama se encuentran separados del sello. Un gradiente de temperatura importante debe existir entre el sello y los puntos fríos del amalgama, operando a temperaturas significativamente mayores si lo comparamos con los puntos fríos del depósito de reserva exterior. Por lo tanto, es fácil entender que el sello de los extremos, cuando se cuenta con un depósito externo, necesariamente trabajará más caliente que cuando se usa el diseño monolítico con reservas internas. La temperatura elevada tiende a acelerar la reacción entre el material de sellado y el sodio, incrementando la rapidez de la pérdida de sodio en el flujo de arco, lo que se traduce en un incremento más rápido del voltaje de la lámpara para cuando se usa el diseño de depósitos externos; por lo tanto, el diseño monolítico del tubo de arco, con depósito interno, reduce significativamente la rapidez de las pérdidas de sodio alargando la vida de la lámpara.



Se asegura una alineación perfecta del tubo de arco con respecto al bulbo externo por medio de soportes propios de la lámpara, utilizados para tal fin. Asimismo la junta de deslizamiento, como parte constitutiva del tubo de arco, permite la absorción de expansiones térmicas y, adicionalmente, una excelente resistencia a los desplazamientos ocasionados por choques mecánicos.

CARACTERÍSTICAS DE ILUMINACIÓN DE LAS LÁMPARAS DE VAPOR DE SODIO DE ALTA PRESIÓN LUMALUX

Eficacia.

La característica más importante de la lámpara lumalux es su gran eficacia. La eficacia inicial de la lámpara lumalux es más del doble que la lámpara de vapor de mercurio, de vatiaje equivalente.

La eficacia de la lámpara lumalux varía desde 80 lúmenes por vatio, para lámpara de 70 vatios, hasta 140 lúmenes por vatio, para lámparas de 1000 vatios.

BALASTRO PARA LÁMPARAS LUMALUX

La lámpara lumalux tiene características diferentes a las de otros tipos de lámparas de alta intensidad de descarga (H.I.D.), los voltajes y corrientes de operación de las lámparas lumalux no son iguales a los correspondientes de la lámpara de vapor de mercurio y metalarc, de vatiaje similar. Por lo tanto requieren de un equipo adicional o balastro especial.

El balastro para lámpara lumalux debe proveer el alto voltaje de pico necesario para el arranque, así como limitar la corriente de la lámpara y regular la potencia de la misma, como una función de su voltaje de alimentación y de operación. Los balastros para lámparas lumalux se componen básicamente de dos partes: un circuito electrónico de arranque (ignitor) y un componente magnético. Se requiere que la lámpara y el balastro cumplan con las especificaciones ANSI. Existen diferencias entre el balastro y las condiciones de aplicación específicas del mismo, por lo tanto, deberá emplearse un balastro adecuado para cada aplicación.

Cuando una lámpara falla o es reemplazada, el balastro se encuentra sujeto a secuencias continuas de arranque, pudiendo afectar su duración. Por lo tanto deberán seguirse las recomendaciones del fabricante respecto del tiempo de reemplazo de una lámpara, ya sea por falla o por llegar al final de su vida.

CARACTERÍSTICAS DE ILUMINACIÓN DE LAS LÁMPARAS LUMALUX

Vida de la Lámpara.

La lámpara lumalux tiene una larga vida promedio, como característica común a las otras fuentes de alta intensidad de descarga (H.I.D.). La vida de las lámparas lumalux tienen un comportamiento similar a la de las lámparas de vapor de mercurio o metalarc, por ello, las horas de encendido por arranque afectan la duración de la misma; o sea, que la vida útil es mayor cuando se usan en encendido continuo.

Producción Lúmenes y Mantenimiento.

La lámpara lumalux tiene la eficacia más alta que cualquier otro tipo de fuente luminosa policromática para uso general. La producción luminosa decae gradualmente en el curso de sus horas de actividad. La producción promedio de lúmenes durante su vida es de aproximadamente del 90 por ciento del valor inicial.

Posición de Encendido.



Debido al sellado monolítico en la lámpara de vapor de sodio de alta presión, producida por Sylvania, no se requiere llevar diferentes tipos de inventarios según la posición de encendido, base arriba o base abajo, lo que significa que, con un sólo tipo de lámpara se pueden lograr todas las aplicaciones, sin importar la posición del encendido. Por lo tanto, no solamente se simplifica el poder solicitar fácilmente las lámparas y reducir el inventario, sino que, además, se elimina cualquier posibilidad de error en la aplicación.

Periodo de Calentamiento y tipo de Re-Encendido.

La lámpara lumalux logra su completa producción lumínica aproximadamente en 3-4 minutos, como se mencionó con anterioridad. El tiempo de re-encendido después de una interrupción momentánea es de aproximadamente 1 minuto.

Efecto de la Elevación de Voltaje de la Luminaria.

Podría presentarse un incremento del voltaje de operación de la lámpara, cuando es operada en una luminaria, en comparación a cuando es operada sin luminaria. Este efecto se llama elevación de voltaje de la luminaria. La elevación se debe al efecto de radiación de la luminaria sobre el tubo de arco. Un excesivo incremento en el voltaje causaría una reducción en la vida de la lámpara.

LÁMPARAS UNALUX TEORÍA DE OPERACIÓN

La lámpara unalux es de alta intensidad de descarga y se clasifica como una lámpara de vapor de sodio de alta presión. A diferencia de las lámparas lumalux, la unalux está diseñada específicamente para operar con balastro para lámparas de vapor de mercurio. Como resultado de lo anterior, y debido a que la unalux se diseñó para sustituir a las de vapor de mercurio, sus características eléctricas y la mayoría de sus características físicas son equivalentes. Las características fotométricas son completamente diferentes a las de las lámparas de vapor de mercurio y muy similares a las lámparas lumalux.

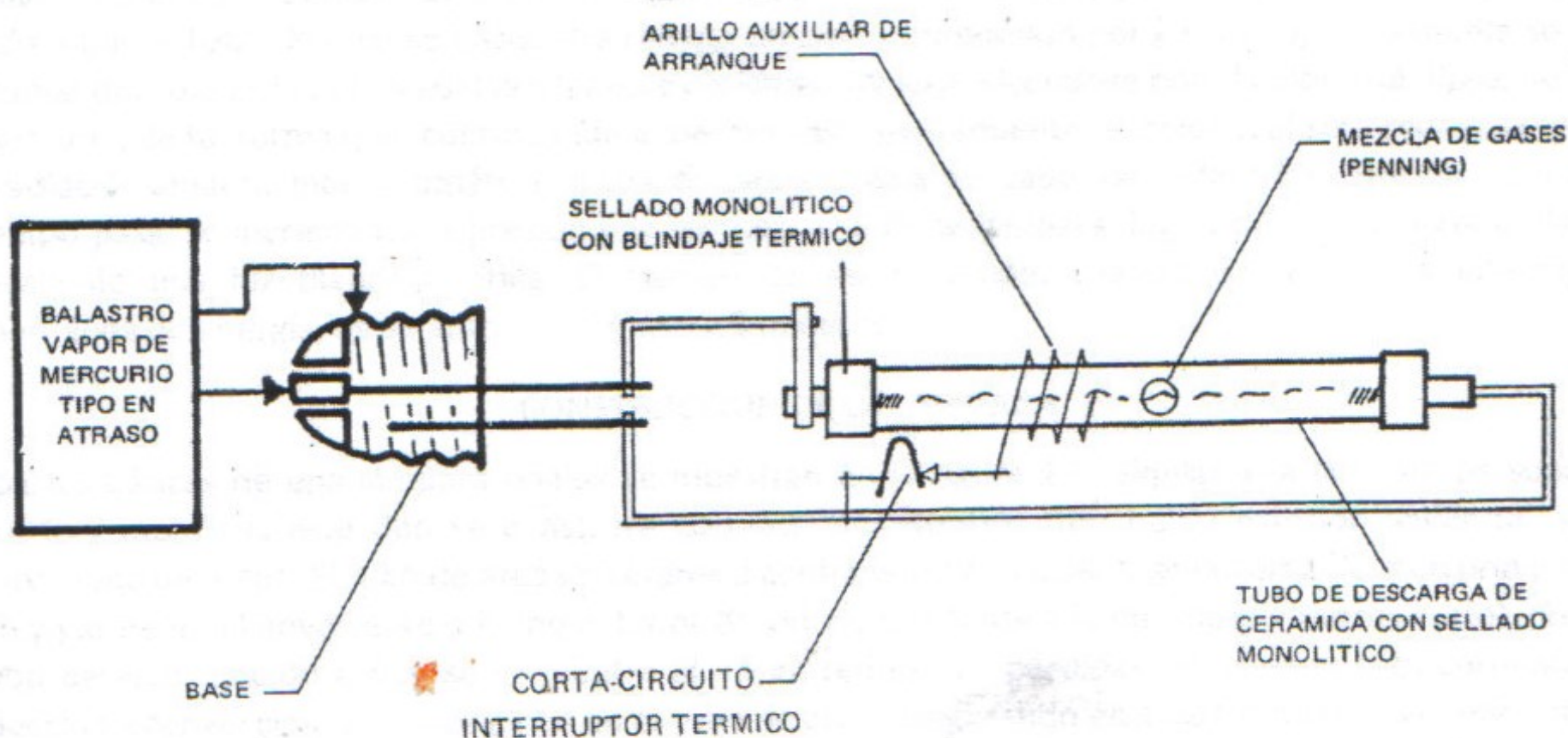


Figura No. 2.5. Circuito Eléctrico de las Lámparas Unalux.

En la figura 2.5 se indica el circuito eléctrico de una lámpara unalux: Se notará la similitud con el tubo de arco de una lámpara lumalux. A diferencia de las lumalux, la unalux no requiere de un circuito electrónico para el arranque (ignitor). Su diseño contiene una cuidadosa mezcla balanceada de gases raros, lo cual opera en conjunto con un arillo auxiliar que se encuentra alrededor del tubo de arco. Este componente



asegura el arranque de la lámpara unalux a voltajes de circuito abierto de balastos utilizados para las lámparas de vapor de mercurio.

La lámpara unalux opera satisfactoriamente en balastro para lámparas de vapor de mercurio tipo en atraso y en la mayoría de los balastos de vapor de mercurio utilizados para alumbrado público. El vatiaje de las lámparas unalux, operado con balastro de vapor de mercurio, es menor en comparación con el vatiaje a que opera la lámpara de vapor de mercurio, lográndose un ahorro en potencia que varía entre el 10 y 15 por ciento.

La lámpara unalux es muy eficiente sobre la base de lúmenes por vatio en comparación con la lámpara de vapor de mercurio, logrando casi el doble de eficacia. Los cambios requeridos en el diseño para proveer las características de operación, que sean compatibles con los balastos de vapor de mercurio, dieron como resultado una pequeña reducción en la eficacia comparada con la lámpara lumalux.

La lámpara unalux se considera generalmente como una lámpara de retroalimentación, pero esto no viene al caso. En algunas situaciones, la lámpara unalux es económicamente competitiva con la lámpara lumalux, particularmente cuando los gastos de inversión inicial suponen un problema. Generalmente el equipo de iluminación utilizado con lámparas de vapor de mercurio, es más económico que el equipo convencional, utilizado para lámparas de vapor de sodio de alta presión. También deberá de tomarse en cuenta que los balastos para lámparas de vapor de mercurio, con los cuales operaremos la lámpara unalux, resultan más eficientes que el equipo utilizado en las lámparas de vapor de sodio alta presión. Una ventaja al utilizar lámparas unalux, es que los problemas de mantenimiento se simplifican al no requerirse de un circuito electrónico de arranque (ignitor).

La lámpara unalux requiere de un periodo de calentamiento, para lograr su completa brillantez, de aproximadamente 3-4 minutos, siendo menor que el período requerido en lámparas de vapor de mercurio o metalarc. Durante el período de calentamiento existen varios cambios en el color de la luz producida. Debido a que el tubo de arco se encuentra relleno en cierta proporción por gas neón, inicialmente se logra un resplandor rojo brillante, el cual desaparece rápidamente sustituyéndose por el color azul, típico de la luz de mercurio; de tal forma que, continuando el período de calentamiento, el color azul será reemplazado por una radiación amarilla monocromática, la cual es característica del vapor de sodio a baja presión. Conforme el tiempo pasa, se incrementa la presión y la temperatura de la lámpara, logrando su completa brillantez, produciendo una luz blanco-amarilla. El tiempo de re-encendido, cuando existe alguna interrupción momentánea de energía, es de aproximadamente 3 minutos.

CONSTRUCCIÓN DE LA LÁMPARA

Las partes básicas de una lámpara unalux se muestran en la figura 2.6. Similar a la lámpara de vapor de mercurio y metalarc, este tipo se construye con dos envoltentes: Uno bulbo exterior "cubierta" y uno interior "tubo de arco". El tubo de arco de cerámica contiene los electrodos, amalgama de mercurio y sodio, argón y gas neón. El envoltente o bulbo exterior de vidrio, resistente a la intemperie (borosilicato), protege al tubo de arco; debido a que se encuentra al vacío, reduce las pérdidas de calor por las corrientes de conducción y convección que se originan en el tubo de arco, asegurando en esta forma una alta eficiencia. El bulbo exterior tipo BT (Bulged Tubular) que se usa en lámparas de vapor de mercurio, también se usa en lámparas unalux. El objeto de que se use el mismo tipo de bulbo exterior de las lámparas de vapor de mercurio, es con el fin de mantener igual longitud al centro de luz y la misma longitud total, con objeto de que la lámpara sea físicamente compatible con el equipo utilizado para lámparas de vapor de mercurio.



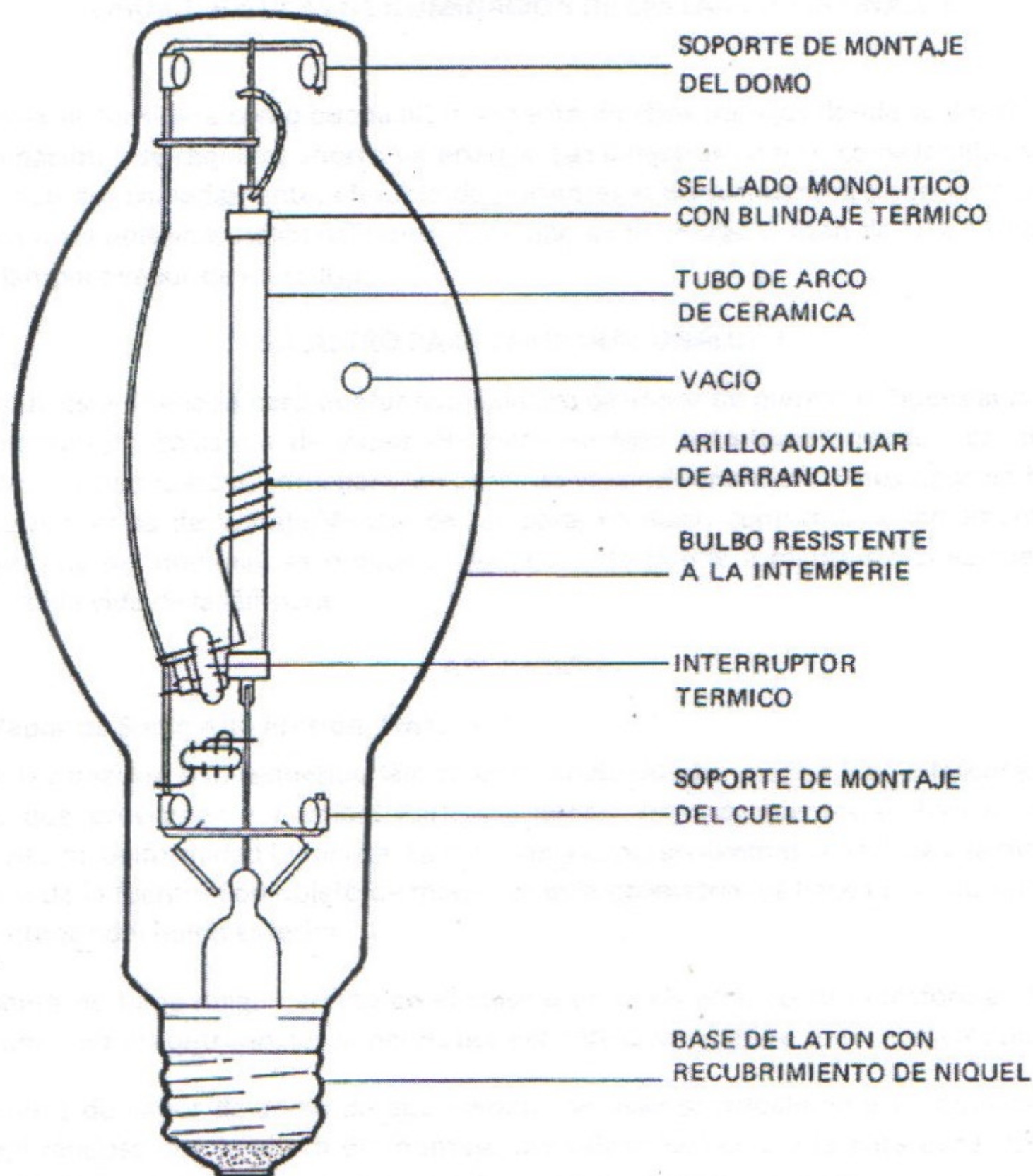


Figura No. 9. Componentes Básicos de la Lámpara.

El arillo auxiliar de arranque que se encuentra colocado alrededor del tubo de arco, está eléctricamente conectado a través de un interruptor térmico al electrodo, en el extremo opuesto del tubo de arco. Cuando el potencial se aplica, la ionización se efectúa entre el arillo auxiliar de arranque y el electrodo más cercano; permitiendo que el flujo de gas sea suficientemente conductivo, estableciéndose de esta forma el flujo de electrones de un electrodo a otro. Cuando la lámpara se calienta y llega a su temperatura de operación, el interruptor térmico se abre y aísla del circuito eléctrico el arillo auxiliar de arranque, eliminando la posibilidad de reacción electroquímica con el vapor de sodio a alta temperatura, asegurando así larga vida a la lámpara y un comportamiento confiable.

La lámpara unalux se fabrica con el sello monolítico igual que la lámpara lumalux. De tal manera que el mayor beneficio derivado de este sello monolítico es su larga vida, debido a la baja elevación de voltaje y la característica de posición universal de encendido, eliminando dobles inventarios o errores en las instalaciones.



CARACTERÍSTICAS DE ILUMINACIÓN DE LAS LÁMPARAS UNALUX

Eficacia

La lámpara unalux se considera como buena alternativa en muchos trabajos donde se desee incrementar los niveles de iluminación o se requiera ahorro de energía. Las lámparas unalux, consideradas sobre la base de lúmenes/vatio, son aproximadamente, el doble de eficientes si las comparamos con lámparas de vapor de mercurio de la misma potencia. Adicionalmente, este tipo de lámparas utilizan de 10 a 15 por ciento menos energía que la lámpara vapor de mercurio.

BALASTRO PARA LÁMPARAS UNALUX 1

La lámpara unalux está diseñada para operar con balastro de vapor de mercurio, tipo reactor, para 240-277 voltios de alimentación; balastros de vapor de mercurio tipo auto-transformador, en atraso y la gran mayoría de balastros tipo reactor, serie para lámparas de vapor de mercurio. Estos tipos de balastros tienen la característica requerida de Voltaje/Vatía de lámpara; es decir, conforme se incrementa el voltaje de lámpara, por encima del nominal, se reduce su vatía. Esto tiende a mantener el vatía prácticamente constante durante la vida de la lámpara.

APLICACIÓN

Lámparas de Vapor de Sodio Alta Presión, Fosforadas.

Varios tipos de iluminación han requerido lámparas de sodio de alta presión, con diferentes características de las fuentes que previamente existían. Particularmente, estos problemas se han relacionado con la brillantez y la falta de uniformidad luminosa. La solución a estos problemas se reduce a la modificación de la geometría óptica de la fuente. Con objeto de modificar esta geometría, se hace un recubrimiento de fósforo aplicado en el interior del bulbo exterior.

Este recubrimiento no tiene ningún efecto en el color o en la eficacia, como el fósforo en las lámparas de vapor de mercurio; por el contrario, los lúmenes por vatio de la lámpara se reducen ligeramente.

Las lámparas claras de vapor de sodio de alta presión, se usan principalmente en posición de encendido horizontal; asegurándose que la altura de montaje sea suficientemente alta para evitar los problemas de deslumbramiento. En casos donde existan postes de alumbrado público con lámparas de vapor de mercurio, deberá utilizarse la lámpara de vapor de sodio fosforada para obtener niveles de iluminación más uniformes, lográndose mejores efectos o instalaciones de baja brillantez.

En el caso de la lámpara unalux, la lámpara fosforada utiliza el mismo bulbo externo que una lámpara de vapor de mercurio, acabado blanco de lujo (DX), y la curva de distribución de la luminaria no se cambia al hacer la conversión a la lámpara unalux. Por el contrario, si usamos la lámpara con acabado claro, para reemplazar una lámpara fosforada, podría cambiar radicalmente la distribución de la luminaria, dando como resultado un estrechamiento en la distribución de la luz, con alta potencia en bujías, enfocando directamente al punto abajo de la luminaria.

Este tipo de problemas ha ocurrido en algunos usos de lámpara clara de vapor de sodio de alta presión, en luminarias abiertas con moderada relación entre la altura de montaje y el espaciamiento. El uso de lámpara de tipo fosforado produce una mejor imagen óptica para el reflector. El tipo de luminaria usada es el tipo industrial abierto.



LÁMPARAS DE ADITIVOS METÁLICOS

LÁMPARAS METALARC

La lámpara Metalarc de Sylvania, corresponde a la familia de lámparas de Alta Intensidad de Descarga (H.I.D.) y es la fuente de luz blanca más eficiente disponible hoy en día. Además, incorpora todas las características deseables de otras fuentes luminosas: Alta eficacia, vida razonablemente económica, excepcional rendimiento de color y buen mantenimiento de lúmenes. Físicamente, la lámpara Metalarc es de tamaño compacto y tiene las mismas dimensiones exteriores correspondientes a una lámpara de Vapor de Mercurio de la misma potencia. Internamente, difieren considerablemente de estas últimas. La construcción de una lámpara Metalarc se muestra en la figura No. 3.1. En la actualidad estas lámparas se encuentran disponibles en potencias de 175 a 1 500 vatios, en paquetes desde 14,000 a 155,000 lúmenes.

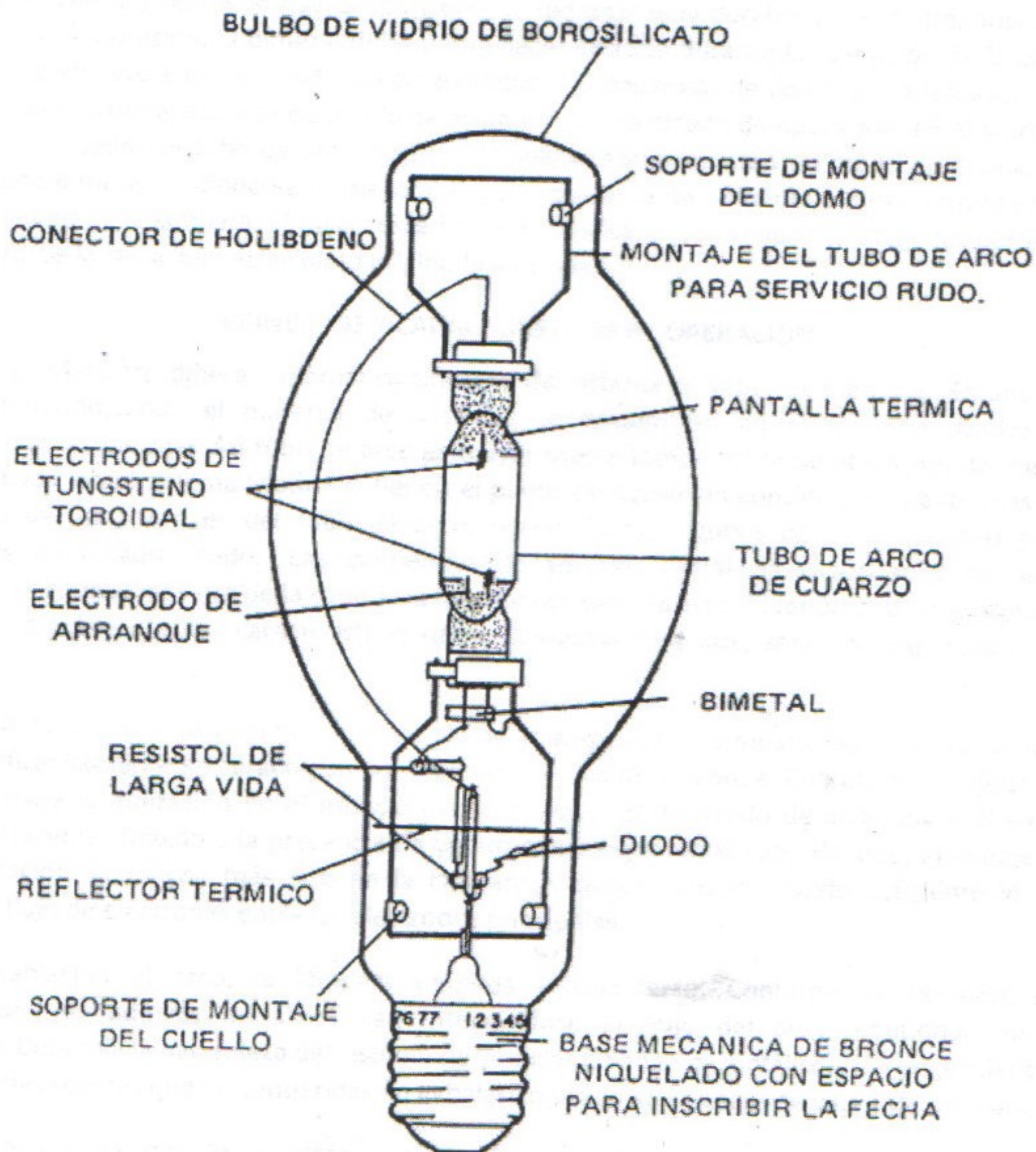


Figura No. 3.1. Construcción de la Lámpara Metalarc de 400 Vatios Base Arriba (BU).



CONSTRUCCIÓN DE LÁMPARA

La lámpara Metalarc tiene un tubo de descarga, de cuarzo, ligeramente menor que el correspondiente a una lámpara de Vapor de Mercurio de la misma potencia. El tubo de arco contiene gas argón y mercurio, más yoduros de torio, sodio y escandio. Estos tres materiales son los responsables del excelente comportamiento de esta extraordinaria fuente luminosa. Los extremos del tubo de descarga tienen una pantalla térmica (Revestimiento), cuya función es controlar la temperatura en estas áreas durante la operación. El control de la temperatura es esencial durante la operación de la lámpara Metalarc según se planteará posteriormente.

La lámpara Metalarc se fabrica con un montaje para el tubo de arco en dos secciones. Esta división es necesaria debido a la alta actividad electroquímica del sistema de aditivos, debido a la cual se requiere el máximo aislamiento de las partes metálicas del tubo de arco. El montaje de tubo de descarga incluye soportes en el cuello y domo, lo que proporciona un montaje muy durable y resistente, adecuado para el servicio rudo y la vibración. El bimetal debe permanecer cerrado durante la operación de la lámpara, para evitar un corto circuito entre el electrodo de arranque y el electrodo de operación adyacente. Con esto se evita una caída de voltaje entre el electrodo de arranque y el electrodo de operación, eliminando la falla por electrólisis en el sello del tubo de arco. Algunas lámparas Metalarc usan un diodo de estado sólido y un corta—circuito bimetal. El diodo se encuentra en serie con el corta—circuito bimetal durante la operación de calentamiento de la lámpara. El bulbo exterior de borosilicato (vidrio duro) protege las partes internas y también absorbe la radiación ultravioleta originada en el arco.

PRINCIPIOS Y CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN

La descarga de Metalarc, difiere en forma significativa del sistema de vapor de mercurio. En una lámpara de vapor de mercurio, todo el material de descarga se encuentran en estado vaporizado, ya que la temperatura de las paredes del tubo de arco es mayor que la temperatura de ebullición del mercurio. Los yoduros aditivos, en el sistema Metalarc, tienen el punto de ebullición considerablemente más alto que la temperatura de las paredes del tubo de arco; por lo tanto, algunos de los materiales permanecen condensados en estado sólido. Las cantidades de yoduros metálicos vaporizados se rigen por la temperatura del punto más frío de la superficie interior del tubo de arco. El fenómeno antes descrito, ejerce gran influencia sobre algunas características de las lámparas Metalarc, según se explicará en secciones posteriores.

La lámpara Metalarc, hace uso del mismo principio de arranque de las lámparas de vapor de mercurio, pero difieren significativamente en características y requerimientos de arranque. Cuando el voltaje se aplica a la lámpara, se inicia la ionización en el espacio existente entre el electrodo de arranque y el electrodo de operación adyacente. Debido a la presencia de yoduros metálicos, en el tubo de arco, el voltaje requerido para la ionización es mucho más alto en la lámpara Metalarc. Cuando existe suficiente ionización se establece un flujo de electrones entre los electrodos principales.

Una vez establecido el arco, la lámpara empieza a calentarse. Conforme la temperatura se va incrementando, los aditivos metálicos van integrándose al flujo del arco, emitiendo su radiación característica. Debido a la naturaleza del sistema de yoduros de aditivos metálicos, las exigencias básicas del balastro son más severas que las requeridas en el balastro usado en lámpara de vapor de mercurio.

Cuando la lámpara ha logrado su estabilización y los aditivos metálicos se encuentran en el arco en concentración apropiada, sus efectos se notan claramente. La emisión espectral de la lámpara contiene todas las longitudes de onda a las cuales responde el ojo humano y, adicionalmente, mucha de la energía



radiada se desplaza a áreas del espectro donde la lámpara de vapor de mercurio es deficiente. Debido a que todas las longitudes de onda o colores están presentes en un balance aceptable, la apariencia del color de la lámpara es blanco, dando como resultado un excelente rendimiento cromático.

La segunda ventaja de la lámpara Metalarc, en comparación con la lámpara de Vapor de Mercurio, es su eficacia substancialmente mayor. En general, sobre la base de lámparas de la misma potencia, la lámpara Metalarc tiene una eficacia superior entre 65 y 70 por ciento. La familia de lámparas Super Metalarc incrementa este rendimiento hasta casi el 100 por ciento.

A pesar de que la lámpara Metalarc tiene excelente calidad de color para la mayoría de los usos; las necesidades de interiores, tales como en tiendas, supermercados y otras instalaciones comerciales requieren mayor rendimiento de color. Para estos casos se recomienda la lámpara Metalarc tipo C. Esta lámpara tiene un recubrimiento de fósforo, con el cual se incrementa el porcentaje de rojos, naranja, así como las longitudes de onda de los amarillos en el espectro, según se indica en las curvas de distribución de energía espectral. La Lámpara Metalarc/C, también tiene la ventaja de una menor temperatura de color (Luz más-cálida), siendo una fuente luminosa más difusa, lo cual redundará en la reducción de la brillantez y el deslumbramiento.

POSICIÓN DE OPERACIÓN

Las lámparas Metalarc, en su mayoría, se fabrican en dos tipos: "Base Arriba a Horizontal" (BU-HOR) y "Base Abajo" (BD). Para potencias de 250, 400, 1,000 y 1,500 vatios, las lámparas base arriba, están diseñadas para operar en posiciones que varían de base arriba a horizontal; la lámpara base abajo de la posición base abajo hacia arriba, pero sin llegar a la horizontal. La lámpara de 175 vatios Base Arriba y Base Abajo deberá de operarse únicamente en posiciones que estén dentro de los 15° de vertical. Los tipos de lámparas Base Arriba (BU) y Base Abajo (BD) difieren en la localización del bimetálico y del electrodo de arranque.

Las lámparas de 175 y 250 vatios deberán de operarse en luminarias cerradas. Las lámparas de 400 y 1,000 vatios, cuando se operan en posición horizontal o dentro de los 60° de la horizontal, deberán instalarse en luminarias cerradas. Así mismo, la lámpara de 1,500 vatios deberá de operarse solamente en luminarias cerradas, independientemente de su posición de operación. La familia de las lámparas Super Metalarc tienen restricciones de operación adicionales, las cuales se discutirán en secciones posteriores.

EFFECTO DE LA POSICIÓN DE OPERACIÓN

Los datos característicos de las lámparas Metalarc se establecen con la lámpara operada en posición vertical y horizontal; cuando es operada en otra posición diferente a la vertical, los vatios y la producción lumínica decrecen ligeramente, así como el mantenimiento de lúmenes y los lúmenes medios a través de las horas de vida. Las posiciones de operación que producen la menor emisión lumínica (y deberían por lo tanto evitarse) son aproximadamente entre 20-30° de la horizontal (60-70° de la vertical). En posiciones de operación diferentes a la vertical, el arco tiende a colocarse en la parte superior, de tal modo que producirá una distribución de temperatura no uniforme en las paredes del tubo de arco, dando como resultado una operación menos eficiente.

PRODUCCIÓN LUMÍNICA Y MANTENIMIENTO

El sistema de la lámpara Metalarc resulta químicamente complejo y requiere de un período de operación para que todos sus componentes se estabilicen. Se requiere de un lapso de funcionamiento de 100 horas para que la lámpara alcance todas sus ventajas que, a la vez, son la base de sus características de



comportamiento a través de sus horas de vida. Todas las especificaciones publicadas de las lámparas se basan en mediciones realizadas después de 100 horas.

La lámpara Metalarc cuenta con características excelentes en lo referente al mantenimiento de lúmenes. El decremento en producción lumínica se produce en forma muy gradual, a través de las horas de vida de la lámpara. Las tres mayores causas de éste decremento en la emisión lumínica son: El deterioro de los electrodos a medida que pasa el tiempo; la pérdida de transmisión del tubo de arco, debido al ennegrecimiento y el cambio en el balance químico de los aditivos metálicos. El mantenimiento de lúmenes es mejor cuando la lámpara se opera en largos períodos, por arranque; por lo tanto, el mejor mantenimiento de lúmenes se obtiene cuando su operación es en ciclo continuo.

El mantenimiento de lúmenes varía de acuerdo con la potencia de la lámpara. En el caso de la lámpara fosforada existe una depreciación adicional de producción a través de las horas de vida, debido a la depreciación del fósforo que recubre el interior de la lámpara. El mantenimiento de lúmenes en posición horizontal, es aproximadamente 5 por ciento menor que en posición vertical al final de su vida.

VIDA DE LA LÁMPARA

La vida de la lámpara Metalarc se define como el lapso en horas, en el cual el 50 por ciento de una muestra representativa de la producción llega al final de la vida normal, cuando se opera con un voltaje controlado nominal de alimentación al balastro, en ciclos de 10 horas en posición vertical. (La lámpara Super Metalarc se debe de operar en su posición nominal de diseño).

El final de su vida nominal, se caracteriza cuando la lámpara falla en el arranque o bien cuando se acerca a su potencia de diseño. Lo anterior es causado por el deterioro de los electrodos de la lámpara a lo largo de las horas de vida. El deterioro de los electrodos es más severo durante el periodo de arranque. Mientras más largo sea el ciclo de operación, mayor será la vida de la lámpara y mejor el mantenimiento de lúmenes.

La forma de la curva de caducidad de las lámparas Metalarc difiere en que no muestra una repentina depresión, tal como las curvas de las lámparas fluorescentes e incandescentes. Sin embargo, la lámpara Metalarc no es tan durable como la de Vapor de Mercurio de potencia similar; pero existe la certeza que se mejorará de acuerdo a los progresos que se vayan logrando en las técnicas de diseño y fabricación.

EFFECTO ESTROBOSCOPICO

El arco, en una lámpara Metalarc y en las otras lámparas de descarga eléctrica que funcionan con corriente alterna de 60 ciclos, se extingue completamente 120 veces por segundo. La emisión lumínica de la lámpara es modulada partiendo de esta relación. Esta variación es mayor en la lámpara clara que en la lámpara Metalarc/C. Con el revestimiento de fósforo hay cierta acción fosforescente; es decir, que el revestimiento continúa destellando por un corto tiempo, después de que la radiación del tubo de arco se termina. Sin embargo, existe una variación rápida en la emisión luminosa, la cual, bajo ciertas circunstancias, puede producir lo que se denomina efecto estroboscópico. Debido a dicho efecto, un objeto que se mueve a una velocidad uniforme, puede dar la impresión de moverse bruscamente. Bajo las condiciones más extremas, un objeto giratorio, tal como un volante, podría parecer inmóvil o girando en dirección inversa. A menudo, el efecto estroboscópico pasa desapercibido y, en la mayoría de las instalaciones, no constituye ningún problema. Este efecto se puede reducir operando las lámparas en pares, con balastros del tipo atraso—adelanto o con tres lámparas operando en fases diferentes de un circuito trifásico. Muchas instalaciones con lámparas Metalarc funcionan satisfactoriamente en lugares donde se producen movimientos rápidos o



bruscos, tales como: talleres de construcción, mecánicos, gimnasios, canchas de tenis y en otras áreas deportivas.

BALASTROS PARA LÁMPARAS METALARC

La lámpara Metalarc logra sus características de alta eficacia y de excelente color, debido a los aditivos en la descarga. La presencia de yoduros metálicos en la lámpara, requiere que el balastro sea del tipo en adelanto. Debido a que en la lámpara Metalarc existen yoduros, como se mencionó anteriormente, éstos hacen más difícil la ionización del gas en el tubo de arco, requiriéndose, por lo tanto, que el balastro proporcione un alto voltaje de circuito abierto. Se requiere de un factor de cresta de corriente de 1.8 o menor, durante la operación, con el propósito de lograr un buen mantenimiento de lúmenes. El factor de cresta es la relación de corriente de pico a valor RMS. Estos requerimientos se logran con un circuito tipo autotransformador, en adelanto; el cual proporciona un pico en la forma de onda senoidal y satisface los requerimientos de factor de cresta de corriente. Se pueden usar balastros con forma de onda senoidal, únicamente si se logra proporcionar el requerimiento mínimo de voltaje de pico, de acuerdo con las especificaciones de la lámpara.

Adicional a los requerimientos de arranque y operación de la lámpara Metalarc, debe de tenerse especial interés durante el período de calentamiento, en proporcionarle por medio de la línea de alimentación los parámetros correctos. Todo tipo de lámpara de descarga se extingue cada medio ciclo, ó 120 veces por segundo, en el caso de que la red de alimentación trabaje a 60 ciclos. La lámpara requiere de suficiente voltaje de re-ignición en cada medio ciclo. Este requerimiento de voltaje es mayor en las lámparas Metalarc que en las lámparas de Vapor de mercurio, debido a la presencia de yoduros metálicos. El voltaje de re-ignición es afectado por la forma de onda de la corriente suministrada a la lámpara durante el período de calentamiento. Una serie de pulsos cortos, pero de alta corriente, con mucho tiempo entre ellos, les lleva a una condición donde la conductividad del arco decrece significativamente, entre los pulsos de corriente. Esto crea la necesidad de requerimiento de un alto voltaje para re-igniciar la lámpara.

La presencia del sistema de aditivos, impone una demanda de voltaje de corta duración en el balastro durante el período de calentamiento. El circuito en adelanto satisface estos requerimientos. La relación entre el voltaje de circuito y el voltaje de alimentación, afecta la relación de fase del voltaje y la corriente suministrada a la lámpara. Estas relaciones deberán ser consideradas en el diseño del balastro.

EFFECTOS DE VARIACIÓN DE VOLTAGE DE LÍNEA

Si el balastro Metalarc tiene derivaciones, es muy importante que el voltaje de la derivación y el de línea coincidan, con objeto de lograr un óptimo rendimiento de la lámpara. Algunos balastros tienen derivaciones para recibir varios voltajes de línea, tales como 120/240 y, en algunas ocasiones, existen derivaciones para voltaje de línea diferentes a los valores nominales, tales como 110/120. Las variaciones en el voltaje de alimentación al balastro incrementará o disminuirá los vatios de lámpara, dependiendo del tipo de balastro.

APLICACIONES

ILUMINACIÓN INDUSTRIAL

En la mayoría de las instalaciones industriales donde existe una gran altura de montaje de las luminarias, la mejor alternativa será la lámpara Metalarc de 400 o 1,000 vatios. Obviamente, la familia completa de lámparas Metalarc se puede utilizar en iluminación de interiores; siempre y cuando se cumpla con los



requerimientos de altura de montaje e intensidad. En una instalación; con 900 lámparas Metalarc de 400 vatios, montadas a una altura de 20 pies, se logró un nivel de iluminación de 80 f.c. en una atmósfera sucia de una fábrica de troquelado. En las instalaciones de "Jet Propulsión Laboratories Spacecraft Assembly", de Cabo Kennedy, se ha utilizado, a una altura de 60 pies y en una área de 180 X 50 pies, lámparas Metalarc de 1 000 vatios para obtener un nivel de 500 f.c. con excelente rendimiento de color, permitiendo tomar fotografías a color sin necesidad de filtros o algún medio correctivo. En instalaciones de plantas petroquímicas, donde el color de identificación de las tuberías, circuitos, áreas de restricción y peligro, son de capital importancia, la lámpara Metalarc ha tenido una magnífica aceptación.

La alta eficacia de las lámparas Metalarc, permite que se efectúen instalaciones de protección en forma económica y, de igual manera, iluminación en estacionamientos.

ÁREA DE ESTACIONAMIENTOS Y VENTA DE AUTOS USADOS

El rendimiento de color, propiedad de las lámparas Metalarc, ha facilitado la localización de automóviles por su color en iluminación general de grandes áreas de venta de autos usados. Existen muchas instalaciones que usan postes de 30 a 120 pies de alto, con dos o más lámparas Metalarc de 1 000 vatios por poste, para obtener una iluminación uniforme. La venta de automóviles usados depende de la atracción visual, resplandor y alta intensidad, a fin de mostrar el verdadero color de los mismos. Muchos lotes de automóviles usados, en todo el país, están utilizando con éxito la iluminación más eficiente y más brillante de las lámparas Metalarc, para aumentar la brillantez y realzar el color, a fin de despertar mayor interés en el visitante.

EDIFICIOS Y ANUNCIOS LUMINOSOS

En el mundo de la publicidad, anuncios luminosos e iluminación de edificios, la lámpara Metalarc de 400 vatios ha sido considerada como el "caballo de batalla" de la industria. Las carteleras iluminadas desde la base con varias lámparas Metalarc, en equipo apropiado para tal uso, producen magníficas efectos, dada su excelente rendimiento de color y altos niveles de iluminación.

Una técnica más reciente de iluminar carteleras colocadas a gran altura, consiste en la utilización de lámparas Metalarc montadas en el piso o cerca del mismo, con luminarias de haz estrecho. El mantenimiento viene a ser más económico comparado con el realizado en carteleras iluminadas interiormente, como sucede normalmente.

Los edificios pueden aparecer poco impresionantes a la luz del día, sin embargo, su apariencia cambia considerablemente durante la noche si son iluminados con lámparas Metalarc.

ILUMINACIÓN DE ÁREAS DEPORTIVAS INTERIORES Y DE ESTADIOS

El uso de la lámpara Metalarc en iluminación de áreas deportivas interiores, es un buen ejemplo de los usos de esta lámpara, demostrativa de su alta eficacia e inmejorable rendimiento de color. La mayoría de los eventos importantes en la actualidad, se transmiten en color en lugar de en blanco y negro. Por lo anteriormente expuesto, las lámparas Metalarc, que producen un adecuado nivel de iluminación y un excelente color, se usan ampliamente en la transmisión, a color, de juegos de Fútbol, Beisbol, Hockey, etc., ya que éste tipo de transmisión requiere mayor nivel que la transmisión en blanco y negro.

La lámpara Metalarc de 1 500 vatios ha sido diseñada, especialmente, para iluminación de áreas deportivas. Dos de sus más importantes características son:



- Su alta emisión lumínica y
- Su excelente mantenimiento

El tubo de arco está diseñado para soportar la alta corriente que se presenta, manteniendo su buen rendimiento de color y su producción lumínica a través de sus horas de vida. La lámpara de 1,500 vatios, opera a una temperatura de color correlacionada, compatible con las exigencias de la transmisión a color. Por lo tanto, en aquellas instalaciones donde se requieran máximos niveles de iluminación, a mínimo costo, se debe utilizar este tipo de lámpara.

ILUMINACIÓN COMERCIAL

Para la iluminación comercial, como pueden ser los bancos, tiendas de departamento, tiendas de muebles, distribuidores de equipo electrodoméstico y supermercados, la lámpara Metalarc/C ha sido aceptada como fuente de luz ideal.

La lámpara Metalarc/C se ha usado en equipo suspendido o sobrepuesto creando una agradable atmósfera en las tiendas; tanto para los departamentos como para los clientes. Además del incremento en el nivel de la iluminación con que se benefician los supermercados iluminados con lámparas Metalarc/C, logran obtener un nivel de iluminación vertical uniforme, tanto en la parte superior como inferior de la góndola, destacando, además, los colores de la mercancía.

Los usos de las lámparas Metalarc se incrementan día con día, su única limitación es la imaginación de los diseñadores y el equipo disponible; ya que este tipo de fuente tiene entre sus características:

- Eficiencia
- Compactas
- Excelente rendimiento de color

ADVERTENCIAS SOBRE LA LÁMPARA METALARC

La lámpara Metalarc debe usarse solamente en luminarias que se encuentran equipadas apropiadamente. La operación con equipo inadecuado podría destruir la lámpara, provocando, incluso, heridas al personal o daños en el equipo.

La lámpara opera sobre presión y a alta temperatura, pudiendo destruirse cuando se opera horizontalmente o dentro de 60° de la posición horizontal. En tal posición la lámpara debe instalarse en luminaria cerrada. La lámpara de 250 y 1 500 vatios debe usarse en luminaria cerrada para cualquier posición.

Se recomienda desconectar el circuito en caso de quitar o colocar una lámpara. Si el bulbo exterior se rompe, el circuito de la lámpara deberá desconectarse inmediatamente para prevenir la exposición a la energía ultravioleta, la cual puede ser dañina para los ojos y la piel. No deberá someterse el bulbo a ninguna presión, debido a que puede causarse su rotura.

A pesar de que el bulbo exterior se fabrica de vidrio resistente a la intemperie, se requiere una protección externa para la lámpara, con objeto de minimizar el riesgo de rotura y evitar su contacto con el agua durante la operación.

INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN

La lámpara debe usarse con equipo auxiliar específicamente diseñado, para proporcionar los valores eléctricos, térmicos y físicos, conforme a las especificaciones establecidas para cada tipo de lámpara



Metalarc. La lámpara Metalarc no funcionará en la mayoría de los equipos auxiliares, usados para lámpara de Vapor de mercurio de la misma potencia.

A pesar de que el bulbo exterior de esta lámpara está fabricado de vidrio resistente a la intemperie, resistente a choques térmicos, causados por fuentes de humedad, es posible que la humedad destruya o haga explotar el bulbo. El bulbo exterior deberá quedar aislado eléctricamente de cualquier soporte metálico, con el fin de evitar la descomposición del vidrio.

Para lograr un mejor comportamiento y cumplir con los parámetros publicados, la lámpara debe operar en la posición indicada en el sello: BD-base abajo, BU-HOR base arriba a horizontal. La lámpara deberá colocarse firmemente en el portalámparas, pero sin usar demasiada fuerza.

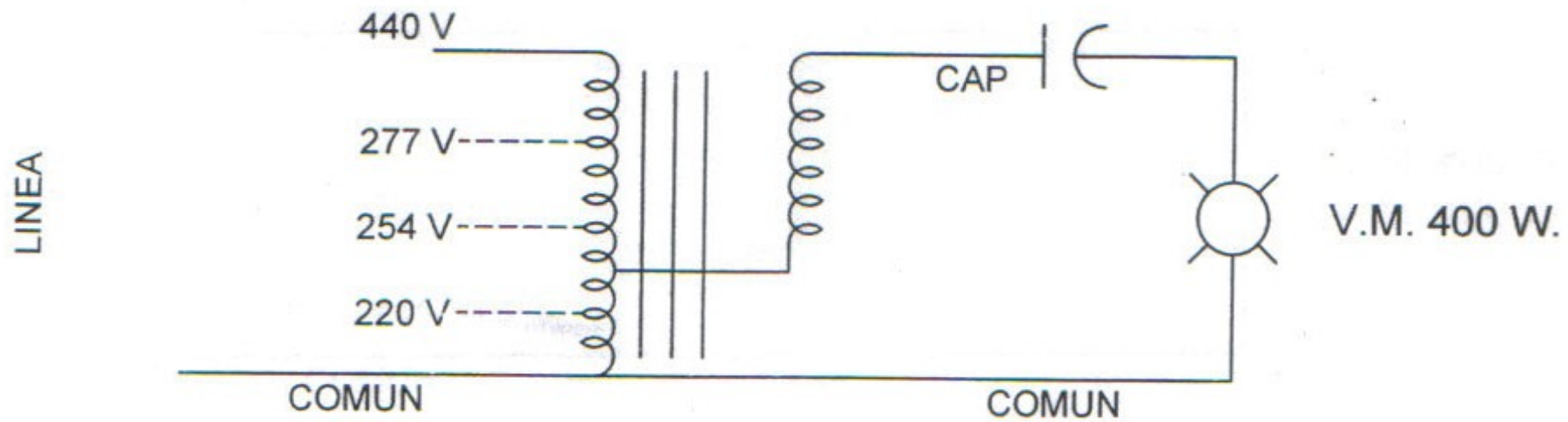
Al colocar la lámpara en el portalámpara, deberá tomarse en la parte más estrecha (Domo) en lugar de emplear el diámetro más ancho para evitar dañarla.

Para obtener el vatiaje total debe agregarse el vatiaje utilizado en los equipos auxiliares.



COOPER CROUSE-HINDS

DIAGRAMA DE CONEXION DE UN BALASTRO PARA UNA LAMPARA DE VAPOR DE MERCURIO. 400W. CUADRIVOLTS



BALASTRO AUTOREGULADO PARA UNA LAMPARA DE VAPOR DE MERCURIO ALTA PRESIÓN DE 400 W. 3.2 A. TENSIÓN DE CIRCUITO ABIERTO 245 VCA
CAPACITOR DE 24 MICROFARADIOS

440 V. 1.06 A.
277 V. 1.70 A.
254 V. 1.84 A.
220 V. 2.10 A

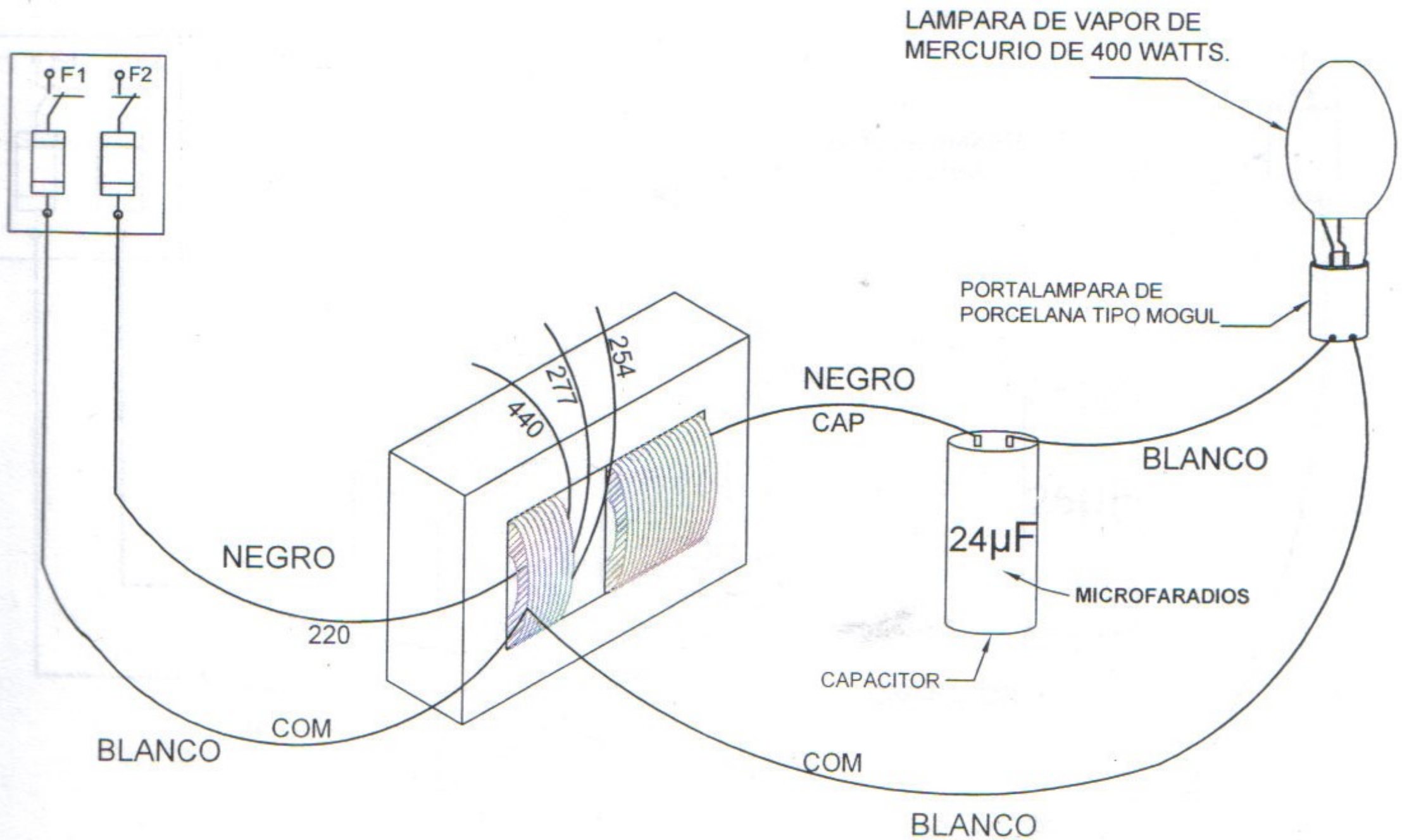
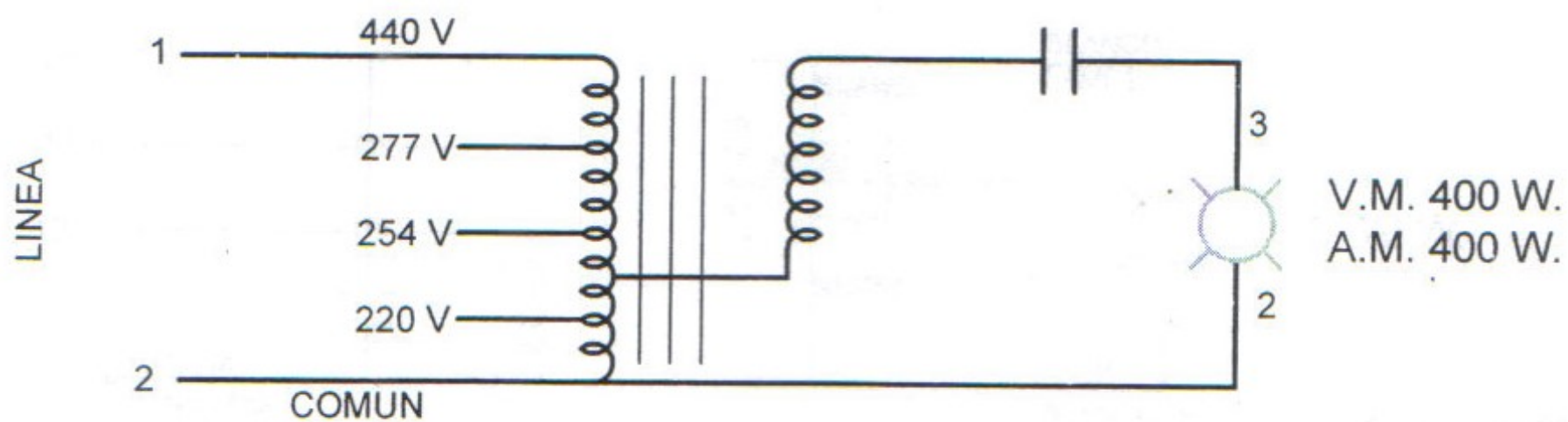


DIAGRAMA DE CONEXION DE UN BALASTRO PARA UNA LAMPARA DE VAPOR DE
MERCURIO O ADITIVOS METALICOS. 400W. CUADRIVOLTS
LAMPARA H33 -



BALASTRO MARCA LUMICON
CAT No. 71B9097/AB

440 V. 1.10 A.
277 V. 1.75 A.
254 V. 1.90 A.
220 V. 2.20 A

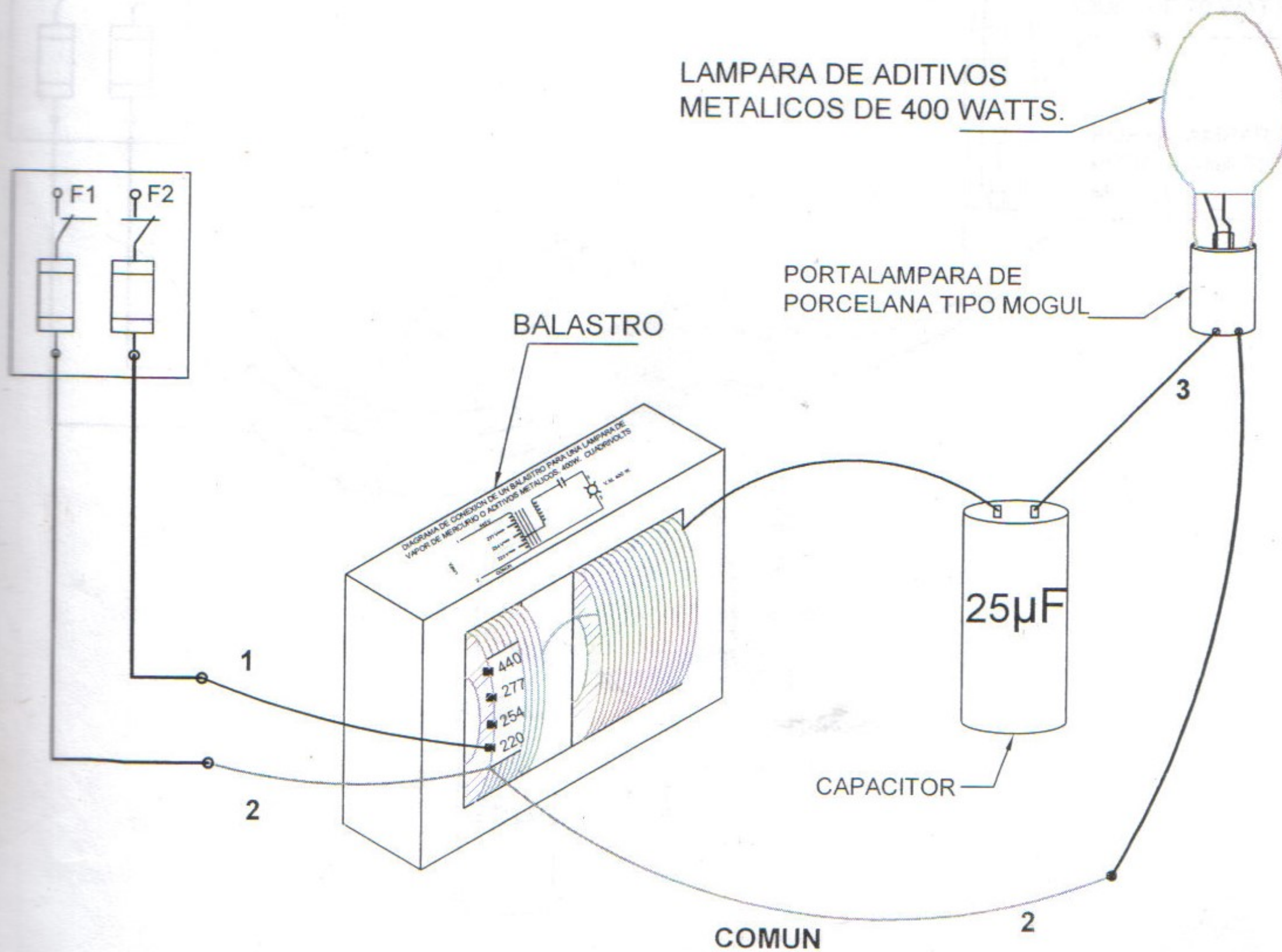
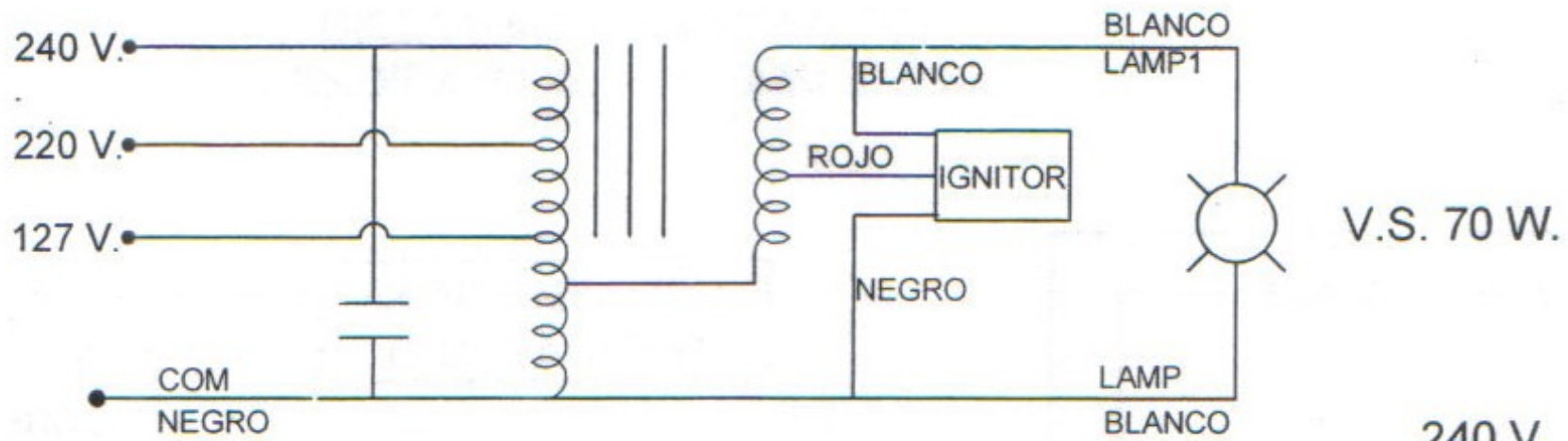
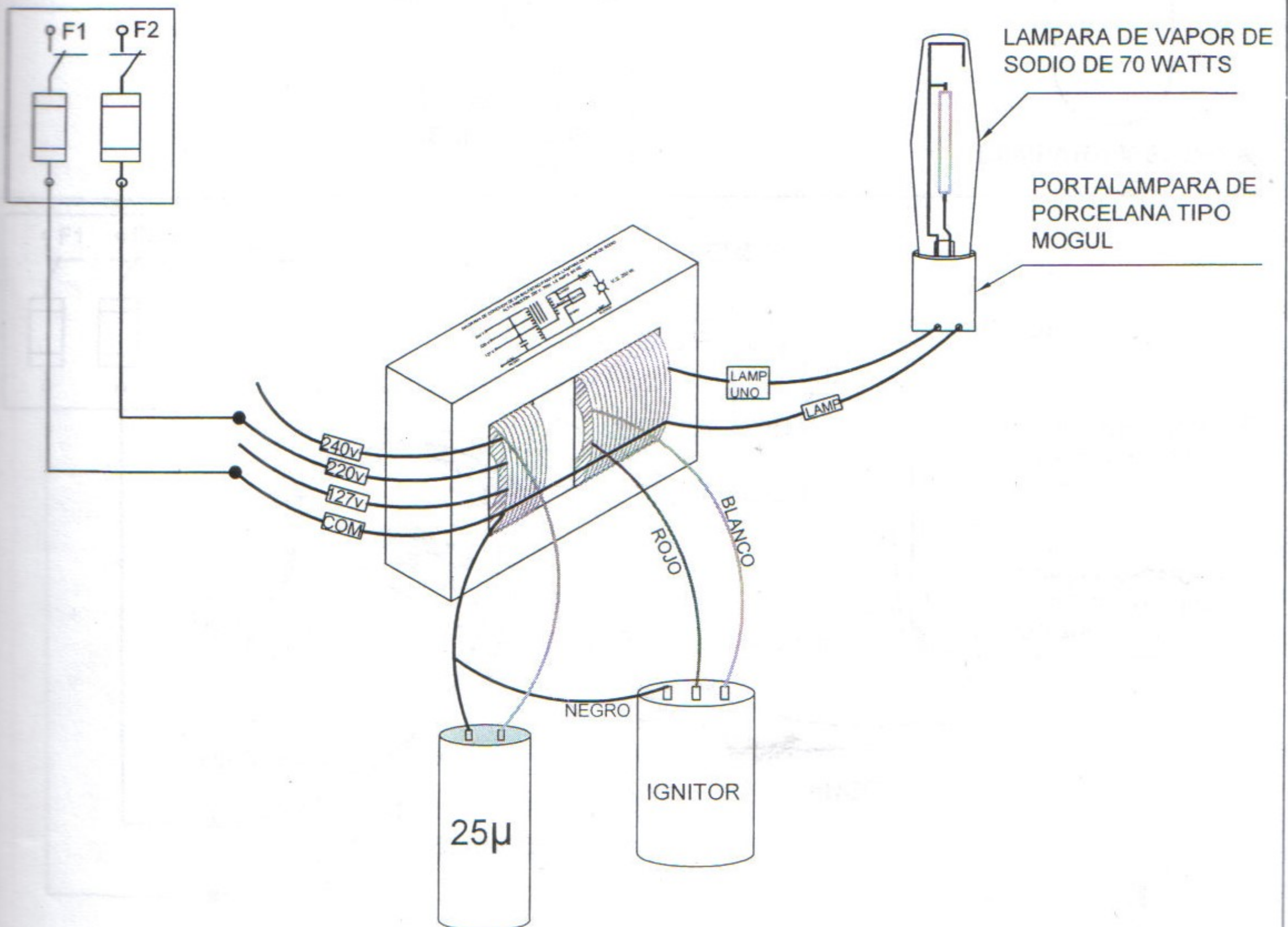


DIAGRAMA DE CONEXION DE UN BALASTRO PARA UNA LAMPARA DE VAPOR DE SODIO
ALTA PRESION. 220 V. 70W. 1.6 AMPS. 60 HZ.



MANUFACTURERA DE REACTORES

240 V. 0.41 A.
220 V. 0.45 A.
127 V. 0.79 A



BEKOLITE

REACTOR S-256 A.F.
 PARA LAMPARA DE SODIO
 DE ALTA PRESION DE 250W
 ALTO FACTOR DE POTENCIA
 CICLOS 60 220 VOLTS
 PERDIDA 30 W. 1.3 AMPERES

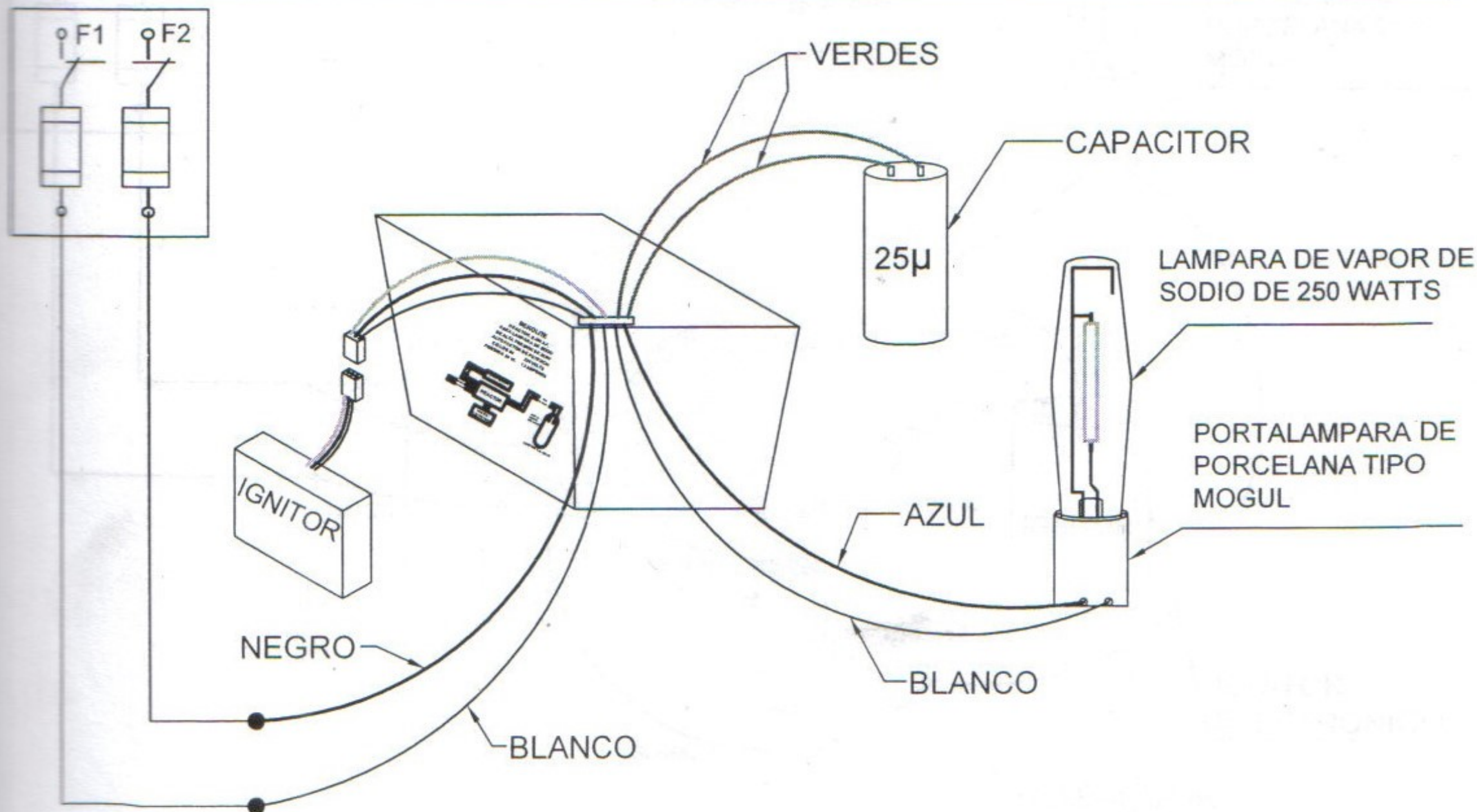
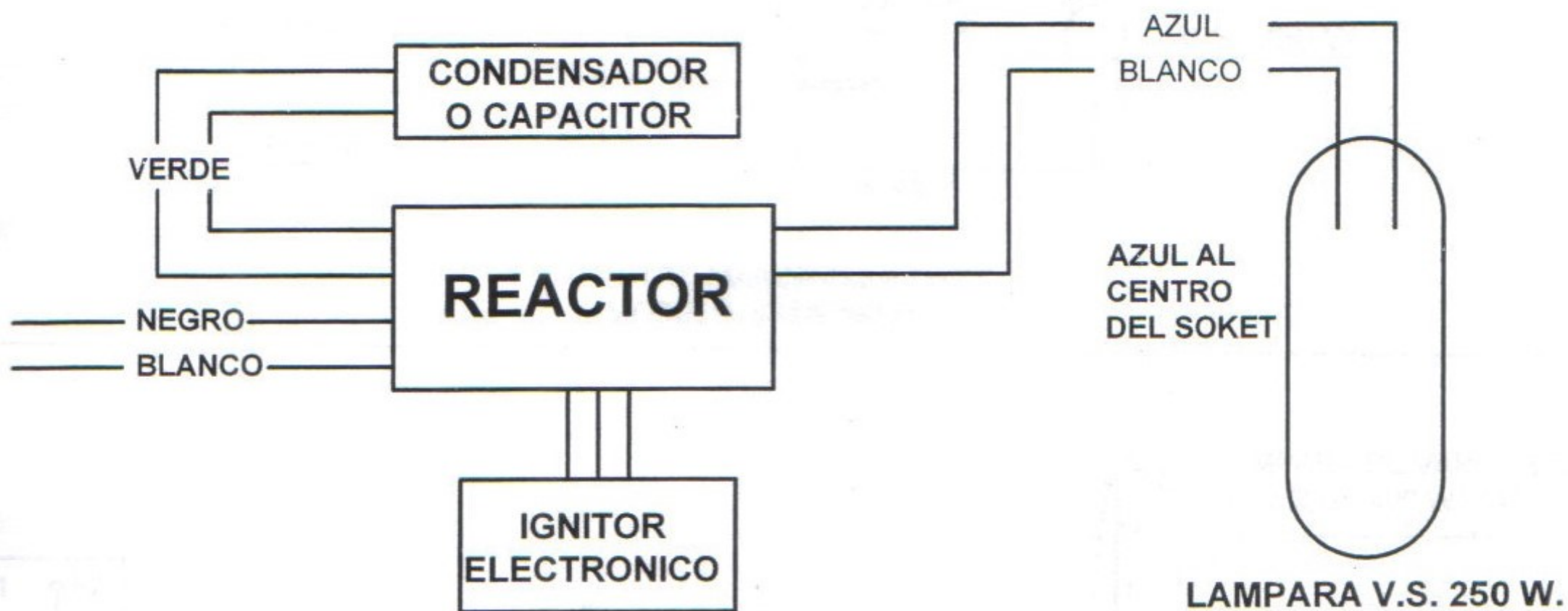
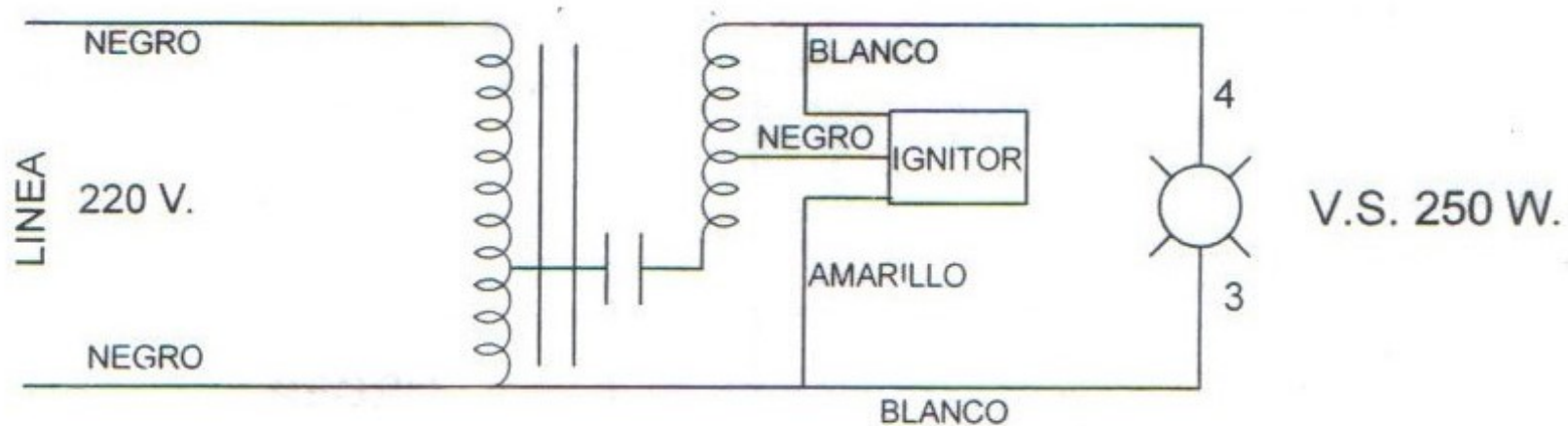


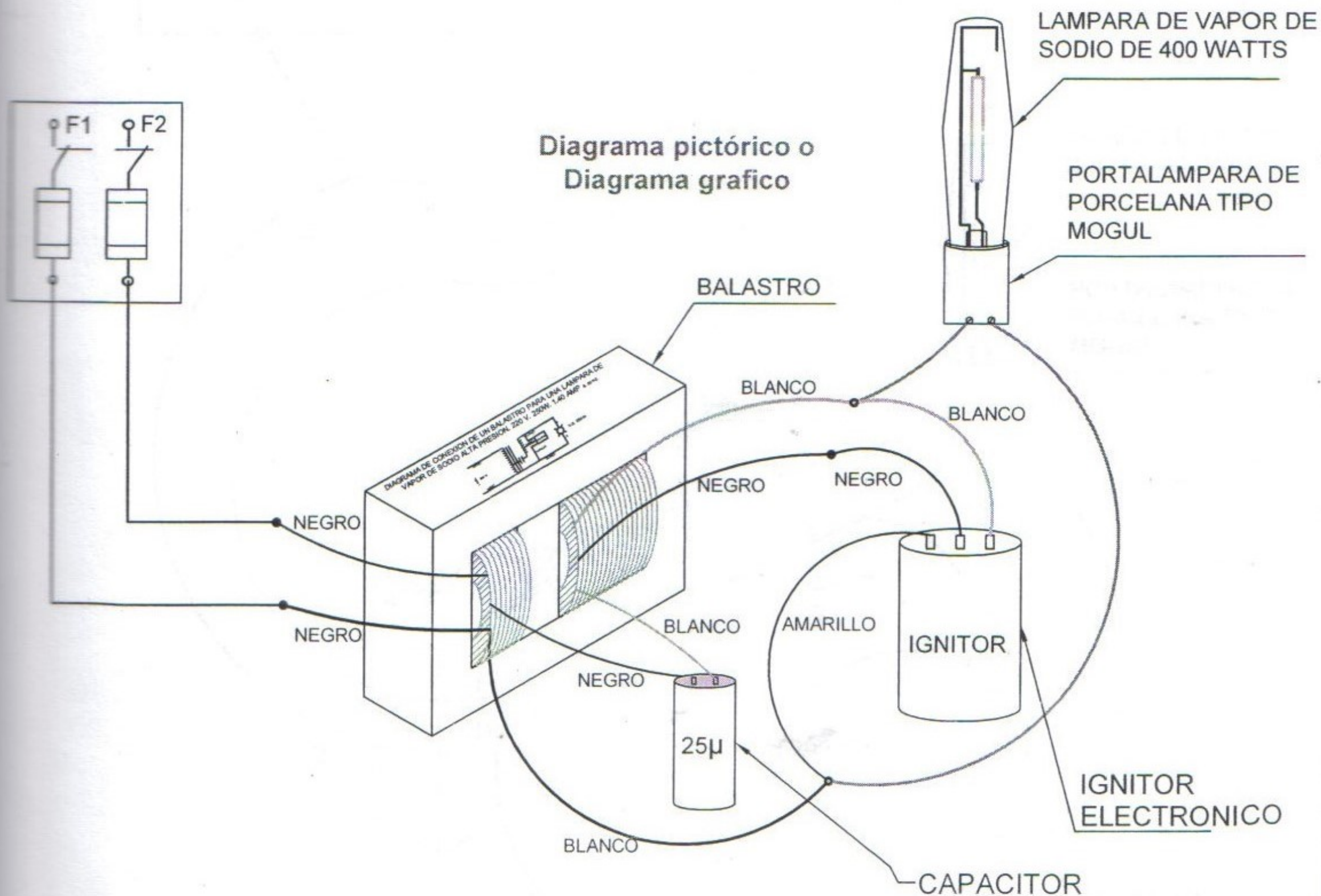
DIAGRAMA DE CONEXION DE UN BALASTRO PARA UNA LAMPARA DE VAPOR DE SODIO
ALTA PRESION. 220 V. 250W. 1.40 AMPS. 60 HZ.

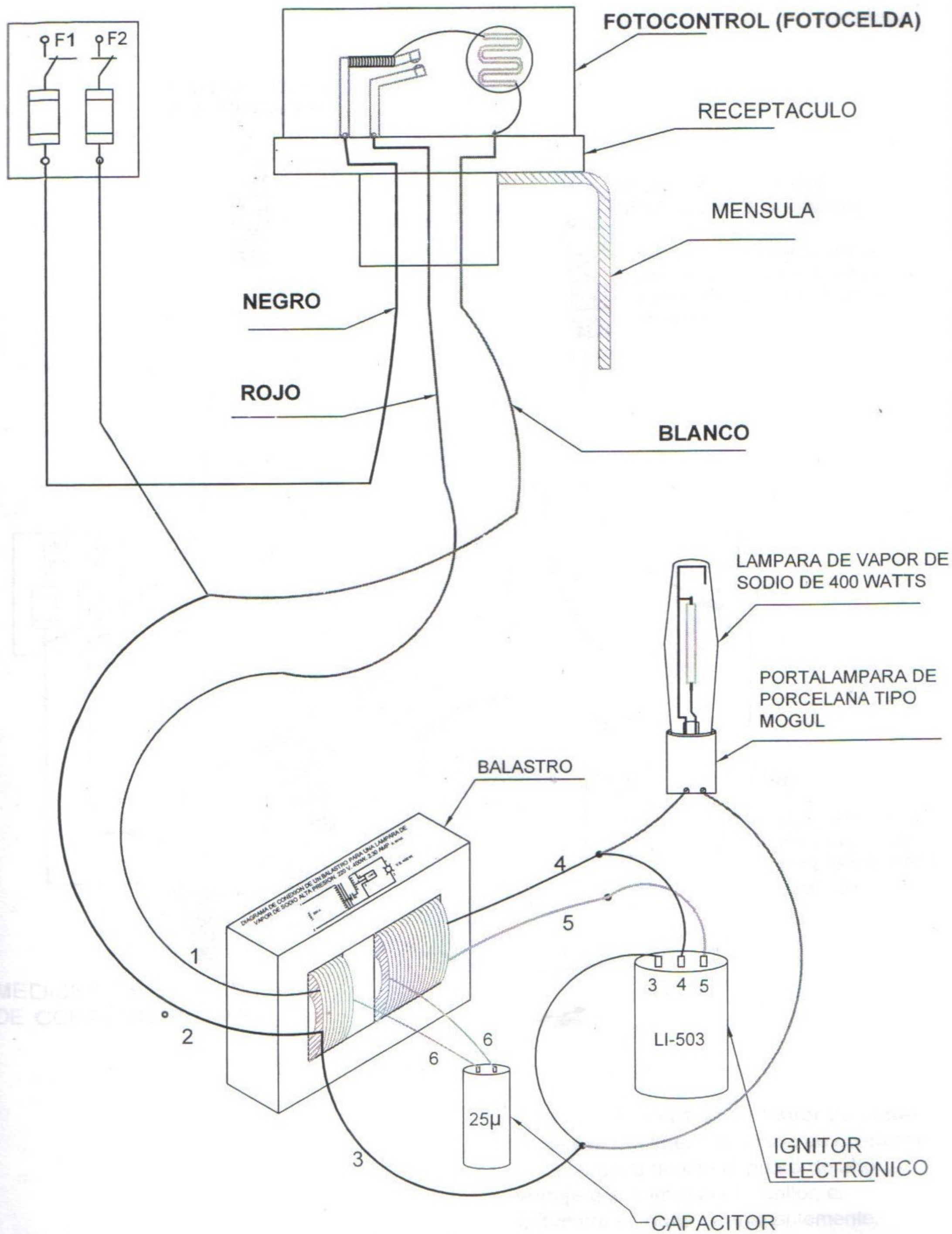
Diagrama Eléctrico



BALASTRO MARCA SOLA BASIC
MODELO 971-S-SO250

Diagrama pictórico o
Diagrama grafico

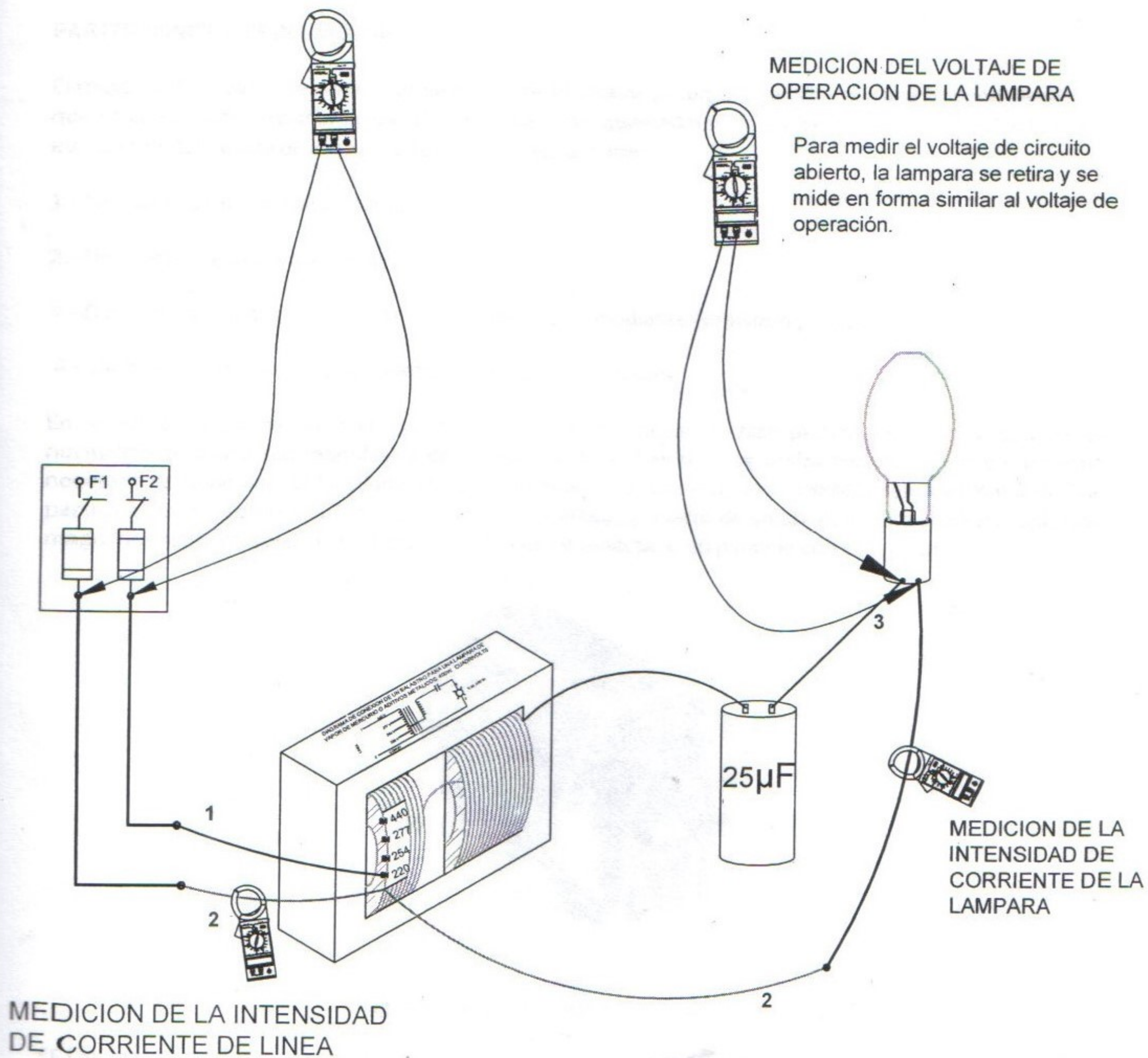




MEDICION DEL VOLTAJE DE ALIMENTACION

MEDICION DEL VOLTAJE DE OPERACION DE LA LAMPARA

Para medir el voltaje de circuito abierto, la lampara se retira y se mide en forma similar al voltaje de operación.



Nota: en las lamparas de **Vapor de Sodio** no se debe de medir el voltaje de operación de la lampara debido al **pulso de alto voltaje** que suministra el ignitor, el voltímetro se **daña** permanentemente.

II.- CONEXIÓN DE MOTORES MONOFÁSICOS Y TRIFÁSICOS

1. - MOTORES MONOFÁSICOS.

PARTES PRINCIPALES DEL MOTOR

El motor de fase partida es un motor de corriente alterna de potencia equivalente a una fracción de caballo, que se emplea para accionar aparatos como lavadoras, quemadores de aceites pesados, pequeñas bombas, etc. Este motor consta de cuatro partes principales, que son:

- 1.- Una parte giratoria, llamada *rotor*;
- 2.- Una parte fija, llamada *estator*;
- 3.- Dos *escudos* o tapas, sujetos a la carcasa del estator mediante tornillos o pernos,
- 4.- Un interruptor centrífugo, dispuesto en el interior del motor.

En la figura 1.1 puede verse el aspecto exterior de un motor de fase partida. Este motor se conecta normalmente a una red monofásica de alumbrado o de fuerza, y se utiliza cuando el par de arranque necesario es moderado. La "National Electrical Manufacturers Association" (NEMA) define el motor de fase partida en estos términos: motor de inducción monofásico provisto de un arrollamiento auxiliar desplazado magnéticamente respecto al arrollamiento principal y conectado en paralelo con este último.

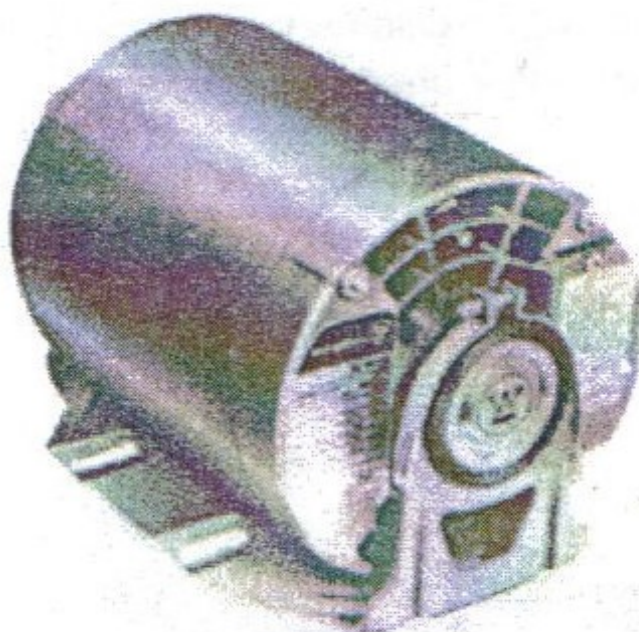


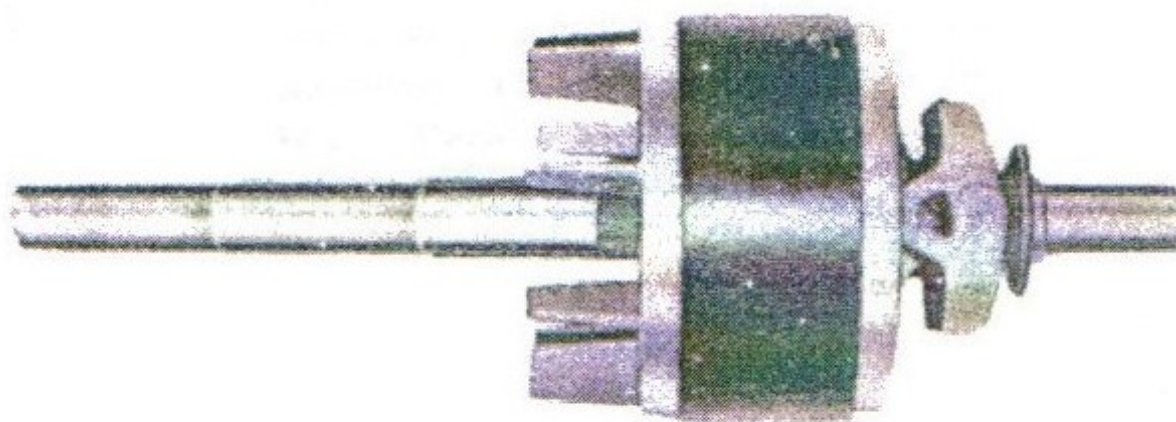
Fig. 1.1. Motor Monofásico de fase partida

*El objeto del arrollamiento auxiliar es conseguir el arranque del motor monofásico. Para ello es preciso que los flujos magnéticos engendrados por los dos arrollamientos del motor estén desplazados en el espacio y desfasados en el tiempo. La primera condición se cumple disponiendo geométricamente cada arrollamiento en posición adecuada con respecto al otro. La segunda condición se logra variando la resistencia y la reactancia inductiva del arrollamiento auxiliar, o bien intercalando en él un condensador. En Norteamérica es corriente distinguir ambas modalidades de arranque mediante las designaciones "motor de fase partida" y "motor con condensador".



Rotor

El rotor (fig. 1.2) se compone de tres partes fundamentales. La primera de ellas es el *núcleo*, formado por un paquete de láminas o chapas de hierro de elevada calidad magnética. La segunda es el *eje*, sobre el cual va ajustado a presión el paquete de chapas. La tercera es el arrollamiento llamado "de jaula de ardilla", que consiste en una serie de barras de cobre de gran sección, alojadas en sendas ranuras axiales practicadas en la periferia del núcleo y unidas en cortocircuito mediante dos gruesos aros de cobre, situados uno a cada extremo del núcleo. En la mayoría de los motores de fase partida el arrollamiento rotórico es de aluminio y está fundido de una sola pieza. De este tipo es el rotor que aparece en la figura 1.2.



Estator

El estator se compone de un *núcleo* de chapas de acero con ranuras semicerradas, de una pesada *carcasa* de acero o de fundición dentro de la cual está introducido a presión el núcleo de chapas, y de dos arrollamientos de hilo de cobre aislado alojados en las ranuras y llamados respectivamente *arrollamiento principal o de trabajo* y *arrollamiento auxiliar o de arranque*. La figura 1.3 muestra el aspecto exterior de un estator, y la figura 1.4, el esquema de ambos arrollamientos. En el instante del arranque están conectados uno y otro a la red de alimentación; sin embargo, cuando la velocidad del motor alcanza un valor prefijado el arrollamiento de arranque es desconectado automáticamente de la red por medio de un interruptor centrífugo montado en el interior del motor.

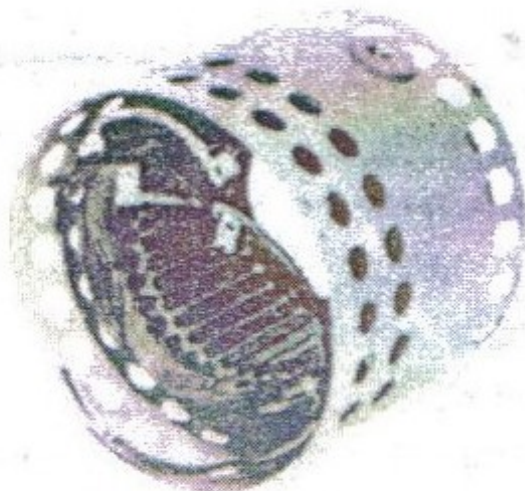


Fig. 1.3 Estator de un motor monofásico



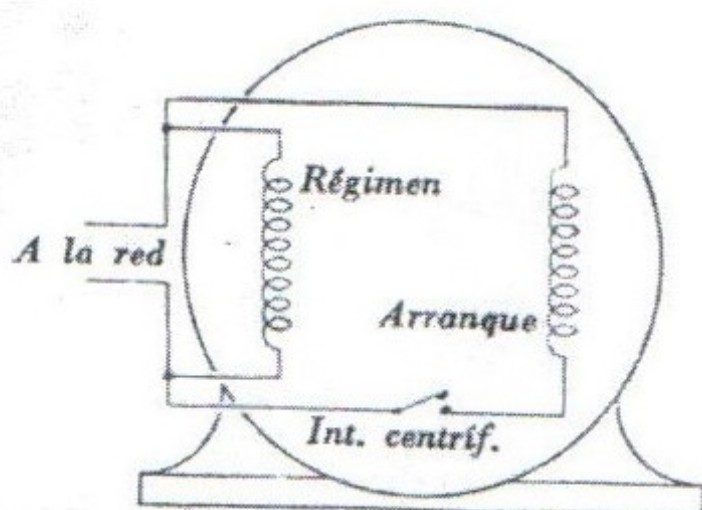


Fig. 1.4. — Esquema que muestra la conexión de los arrollamientos principal y auxiliar y la posición del interruptor centrífugo cuando el motor gira a la velocidad de régimen.

Escudos o placas terminales

Los escudos o placas terminales, de los cuales se ha representado uno en la figura 1.5, están fijados a la carcasa del estator por medio de tornillos o pernos; su misión principal es mantener el eje del rotor en posición invariable. Cada escudo tiene un orificio central provisto para alojar el cojinete, sea de bolas o de deslizamiento, donde descansa el extremo correspondiente del eje rotórico. Los dos cojinetes cumplen las siguientes funciones: sostener el peso del rotor, mantener a éste exactamente centrado en el interior del estator, permitir el giro del rotor con la mínima fricción y evitar que el rotor llegue a rozar con el estator.



Fig. 1.5. — Aspecto interior de un escudo de motor monofásico mostrando la parte fija del interruptor centrífugo (*Wagner Electric Company*).

Interruptor centrífugo

El interruptor centrífugo va montado en el interior del motor. Su misión es desconectar el arrollamiento de arranque en cuanto el rotor ha alcanzado una velocidad determinada. El tipo más corriente consta de dos partes principales, una fija (mostrada en las figuras 1.5 y 1.6), y otra giratoria. La parte fija está situada por lo general en la cara interior del escudo frontal del motor (fig. 1.5) y lleva dos contactos, por lo que su funcionamiento es análogo al de un interruptor unipolar.



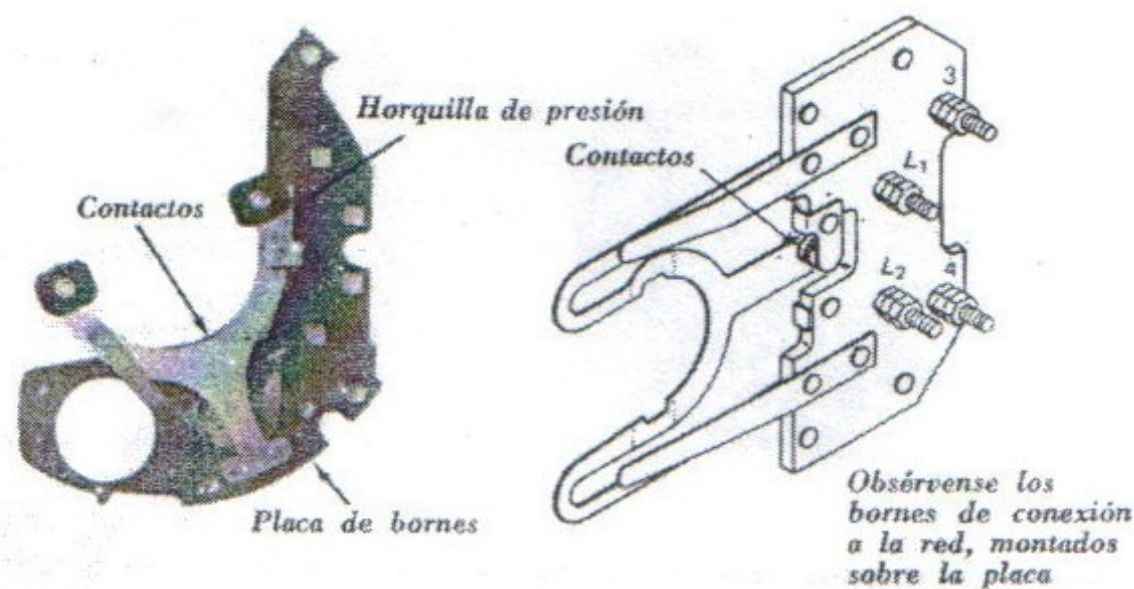


Fig. 1.6. — Dos variantes de la parte fija de un tipo de interruptor centrífugo, la cual consiste básicamente en una horquilla montada sobre una placa de bornes.

En algunos motores modernos la parte fija del interruptor está montada en el interior del cuerpo del estator. La parte giratoria va dispuesta sobre el rotor, como muestra la figura 1.7. El funcionamiento de un interruptor centrífugo es el siguiente (figura 1.8) mientras el rotor está en reposo o girando a poca velocidad, la

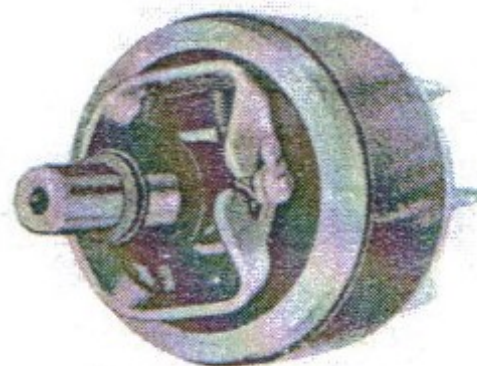
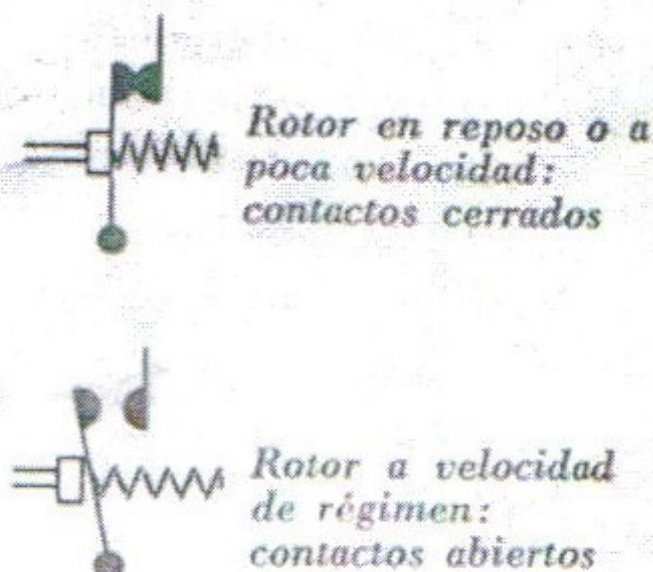


Fig. 1.7. — Parte giratoria de un interruptor centrífugo, montada sobre el rotor (Wagner Electric Company).

presión ejercida por la parte móvil del interruptor mantiene estrechamente cerrados los dos contactos de la parte fija. Cuando el rotor alcanza aproximadamente el 75% de su velocidad de régimen, la parte giratoria cesa de presionar sobre dichos contactos y permite por tanto que se separen, con lo cual el arrollamiento de arranque queda automáticamente desconectado de la red de alimentación.

Fig. 1.8. — Dos fases del funcionamiento de un interruptor centrífugo.



La figura 1.11 muestra las partes fija y giratoria de otro interruptor centrífugo.



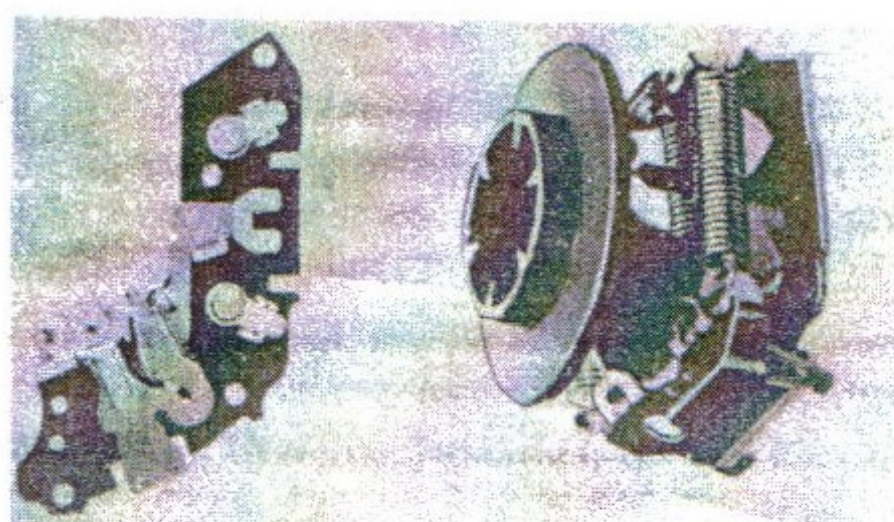


Fig. 1.11. — Mecanismo de un interruptor centrífugo (*General Electric Company*).

FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR DE FASE PARTIDA

El motor de fase partida está generalmente provisto de tres arrollamientos independientes, todos ellos necesarios para el correcto funcionamiento del mismo. Uno de éstos se halla en el rotor, y se designa con el nombre de arrollamiento de jaula de ardilla. Los otros dos se hallan en el estator, dispuestos como indica la figura 1.13, cada uno está subdividido en cuatro secciones (polos).

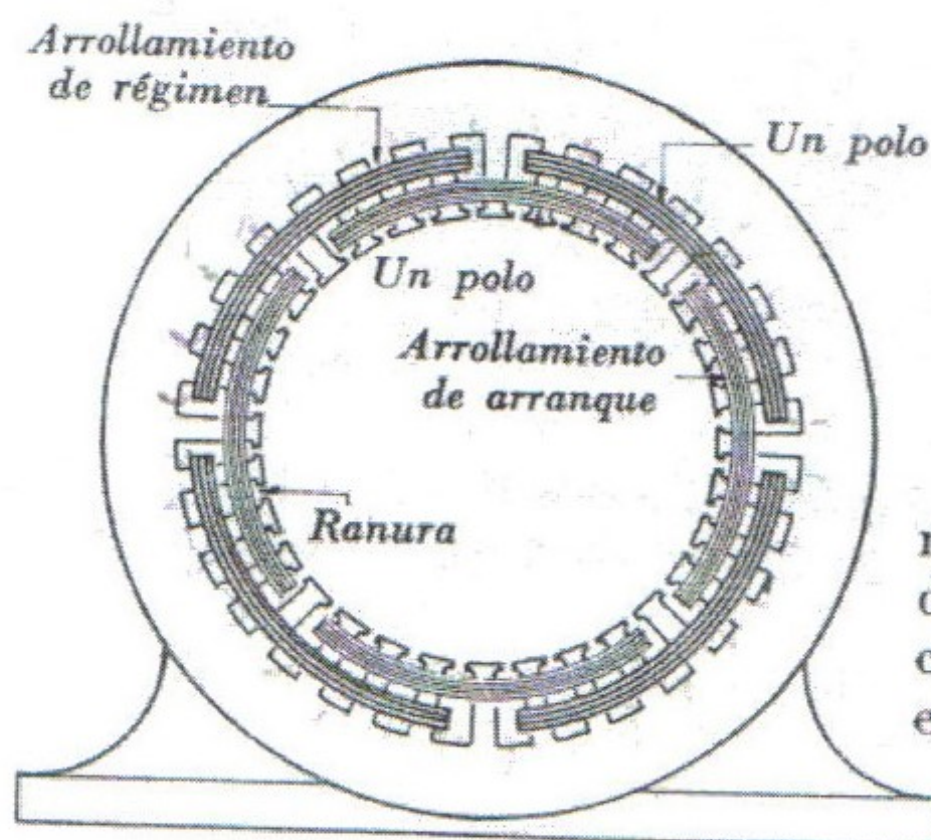


Fig. 1.13. — Los dos arrollamientos estatóricos de un motor de fase partida. Obsérvense las cuatro secciones (polos) en que está subdividido cada uno.

" Arrollamiento de jaula de ardilla"

Se compone de una serie de barras de cobre de gran sección, que van alojadas dentro de las ranuras del paquete de chapas rotórico; dichas barras están soldadas por ambos extremos a gruesos aros de cobre, que las cierran en cortocircuito. La mayoría de los motores de fase partida llevan, sin embargo, un arrollamiento rotórico con barras y aros de aluminio, fundido de una sola pieza (fig. 1.2).



Arrollamientos Estatóricos

Son los siguientes: 1, un arrollamiento de trabajo o principal, a base de conductor de cobre grueso aislado, dispuesto generalmente en el fondo de las ranuras estatóricas, y 2, un arrollamiento de arranque o auxiliar, a base de conductor de cobre fino aislado, situado normalmente encima del arrollamiento de trabajo. Ambos arrollamientos están unidos en paralelo. En el momento del arranque uno y otro se hallan conectados a la red de alimentación, como muestra la figura 1.14 a. Cuando el motor ha alcanzado aproximadamente el 75 % de su velocidad de régimen, el interruptor centrífugo se abre (figura 1.14 b) y deja fuera de servicio el arrollamiento de arranque; el motor sigue funcionando entonces únicamente con el arrollamiento de trabajo o principal.

Durante la fase de arranque, las corrientes que circulan por ambos arrollamientos crean un campo magnético giratorio en el interior del motor. Este campo giratorio induce corrientes en el arrollamiento rotórico, las cuales generan a su vez otro campo magnético. Ambos campos magnéticos reaccionan entre sí y determinan el giro del rotor. El arrollamiento de arranque sólo es necesario para poner en marcha el motor, es decir, para engendrar el campo giratorio. Una vez conseguido el arranque del motor ya no se necesita más, y por ello es desconectado de la red con auxilio del interruptor centrífugo.

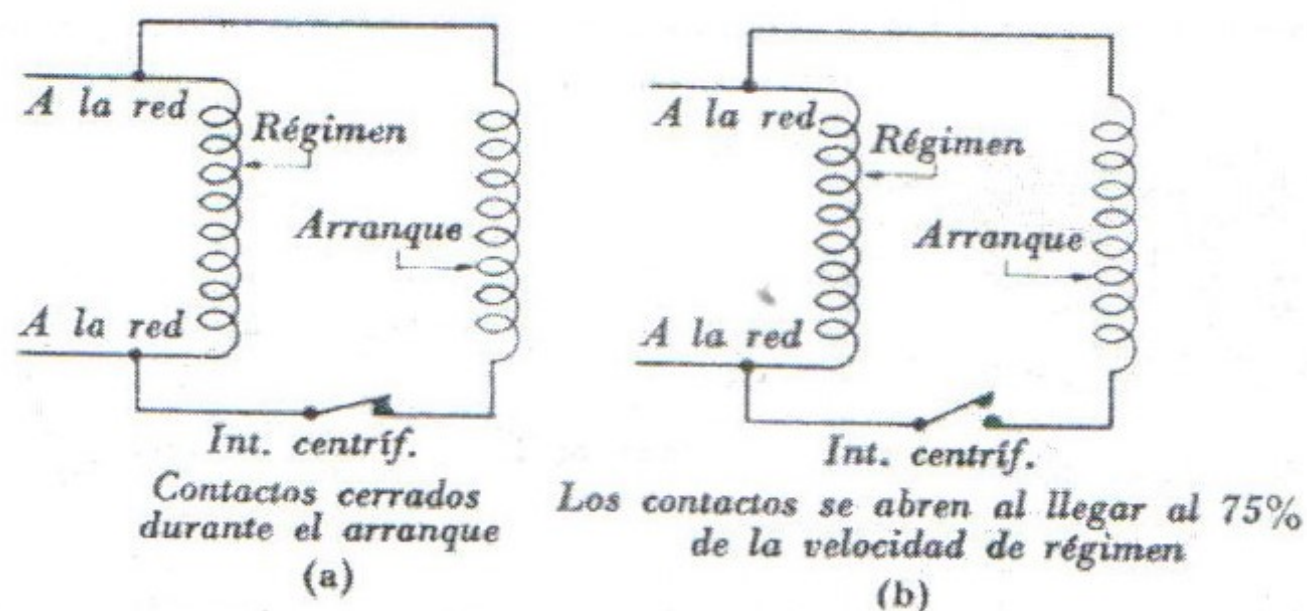


Fig. 1.14. — Modificación provocada por el interruptor centrífugo en el circuito estatórico de un motor de inducción.



2.- MOTORES CON CONDENSADOR DE ARRANQUE

Construcción

Si se exceptúa la presencia del condensador, la construcción de estos motores es análoga a la de los motores de fase partida. Las partes principales de un motor de este tipo son: 1, un estator ranurado, provisto de un arrollamiento de trabajo y un arrollamiento de arranque; 2, un rotor de jaula de ardilla; 3, dos escudos o placas terminales; 4, un interruptor, normalmente centrífugo, compuesto por una parte fija, montada en el escudo frontal o en la carcasa, y una parte móvil, solidaria del rotor; 5, un condensador, por regla general de tipo electrolítico.

Comparado con un motor de fase partida de igual tamaño, el motor monofásico con condensador posee un par de arranque más grande y absorbe una corriente de arranque más pequeña.

Funcionamiento

La figura 2.5 muestra el esquema de conexiones simplificado de un motor con condensador de arranque. Como se aprecia, el arrollamiento de arranque está conectado en serie con el interruptor centrífugo y con el condensador. Este interruptor se halla cerrado durante el período de arranque, con lo cual tanto el arrollamiento principal como el auxiliar quedan alimentados en paralelo por la tensión de la red.

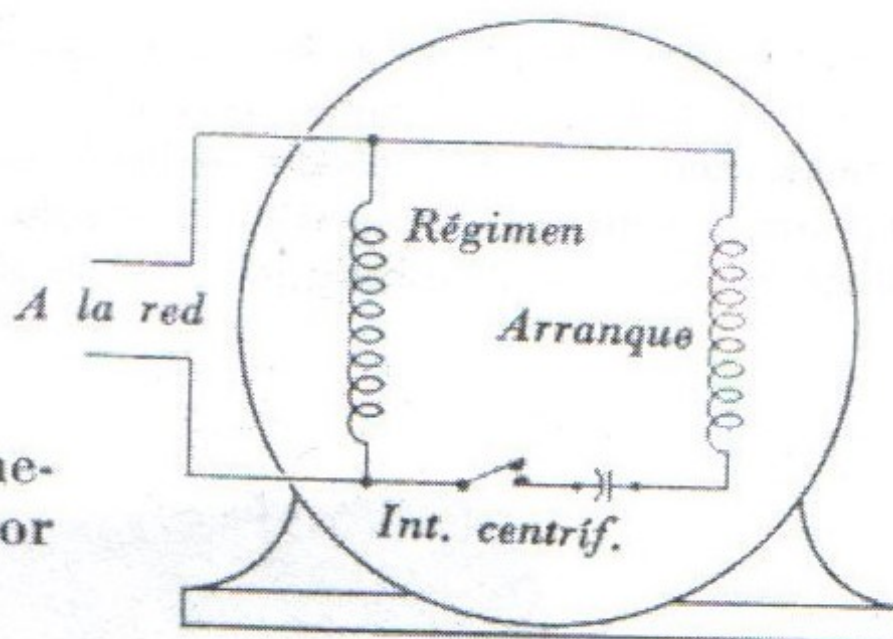


Fig. 2.5. — Esquema de conexiones simplificado de un motor con condensador de arranque.

Cuando el motor ha alcanzado aproximadamente el 75% de su velocidad de régimen, el interruptor centrífugo se abre y desconecta con ello el arrollamiento de arranque y el condensador; el arrollamiento de trabajo, por el contrario, permanece en servicio.

Para que un motor de inducción monofásico pueda arrancar por sí solo es preciso generar en su interior un campo magnético giratorio. Eso se consigue, por una parte, gracias al desplazamiento geométrico de 90° eléctricos existente entre los polos de un arrollamiento y los del otro, y por otra, gracias al desfase eléctrico de 90° entre las corrientes que circulan por los respectivos arrollamientos, debido al efecto del condensador. Como ya se ha expuesto en páginas anteriores, los condensadores tienen la propiedad de absorber una corriente desfasada y en avance de 90° con respecto a la tensión aplicada. Puesto que el condensador está unido en serie con el arrollamiento de arranque, éste absorberá también una corriente adelantada de 90° con respecto a la corriente que circula por el arrollamiento de trabajo (dicho en otras



palabras, la corriente del arrollamiento de arranque pasará por su valor máximo cuando la corriente del arrollamiento de trabajo empieza apenas acrecer).

El campo magnético giratorio así engendrado en el estator induce corrientes en las barras y anillos rotóricos, las cuales generan a su vez otro campo magnético. La reacción de un campo sobre el otro determina la rotación del motor.

CAPACITORES

Dos folios metálicos, generalmente de aluminio, separados por una o varias láminas de material aislante, como por ejemplo papel o tela constituyen un condensador. Para usos prácticos se arrolla este paquete de hojas sobre sí mismo, en forma de unidad compacta, y se aloja dentro de una envoltura hermética de metal o de plástico. Esta puede tener configuración cilíndrica o prismática, e ir montada encima, dentro o fuera del motor. El condensador está provisto de dos bornes para su conexión al circuito exterior.

Todos los condensadores poseen la propiedad fundamental de almacenar energía eléctrica en mayor o menor grado, según su *capacidad* y de absorber corriente adelantada de la fuente de alimentación. Desde el punto de vista eléctrico, todos los condensadores son, pues idénticos; la única diferencia estriba en la construcción mecánica de los mismos.

Condensadores electrolíticos

Están diseñados para prestar únicamente un servicio intermitente de breve duración (unos cuantos segundos), por cuyo motivo encuentran aplicación en motores de tipo 1 y 3. Consisten en dos folios de aluminio separados por una finísima película de óxido de aluminio, obtenida previamente por vía electrolítica, que constituye el medio aislante o dieléctrico del condensador. Estos folios se arrollan también sobre sí mismos y se introducen en una envoltura de aluminio o de plástico, de la cual sobresalen los bornes para la conexión al circuito exterior (fig. 2.4).



Fig. 2.4. — Condensador electrolítico (*Sprague Electric*).

Capacidad

La capacidad de los condensadores se mide e indica en microfaradios (Los condensadores empleados para el arranque de motores tienen una capacidad que puede oscilar entre 200 y 800 microfaradios (e incluso más), según su aplicación, tamaño y tipo. La capacidad de un condensador puede experimentar cierta disminución por efecto de un servicio excesivamente prolongado, de sobrecalentamientos o de otras



circunstancias desfavorables. Cuando esto ocurra será preciso reemplazarlo por otro nuevo, cuya tensión nominal y capacidad sean la más aproximadamente posible iguales a los respectivos valores primitivos, pues de lo contrario podría faltar al motor el par de arranque necesario.

Al sustituir un condensador defectuoso o inapropiado por otro nuevo conviene asegurarse de que la tensión nominal de este último es *por lo menos* igual a la del primero. En todo caso siempre es preferible utilizar un condensador de tensión nominal superior

Ya se ha dicho anteriormente que existen tres tipos de motores con condensador; cada uno de ellos utiliza el tipo de condensador más apropiado para la finalidad perseguida. Los motores con condensador de arranque utilizan un condensador de tipo electrolítico, y poseen un par de arranque relativamente elevado. Como este condensador no puede prestar servicio permanente, es preciso que un interruptor lo deje automáticamente fuera de servicio en cuanto el motor alcance una determinada velocidad. Los motores con condensador permanente emplean un condensador del tipo de papel impregnado en aceite, y poseen un par de arranque relativamente pequeño. Como indica su nombre, el condensador que llevan no queda nunca desconectado del servicio. Los motores con doble condensador están provistos de un condensador de tipo electrolítico y uno del tipo de papel impregnado. Inicialmente ambos condensadores están conectados en paralelo, lo cual confiere al motor un elevado par de arranque; una vez el motor ha alcanzado cierta velocidad prevista, el condensador electrolítico es desconectado del circuito, y sólo permanece en servicio el otro condensador.

Fig. 2.79. — Prueba de un condensador. 1.^a operación: conéctese el condensador a la red durante unos pocos segundos.

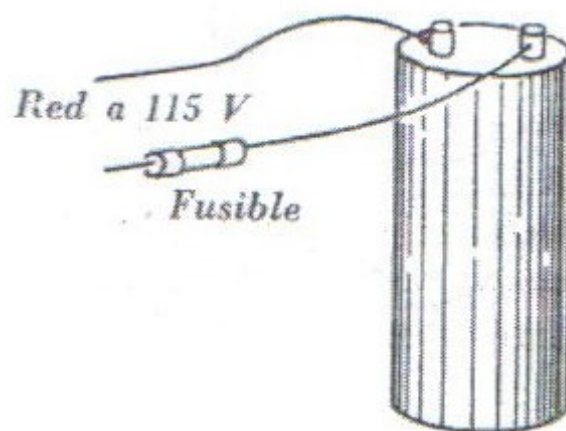


Fig. 2.80. — Prueba de un condensador. 2.^a operación: desconéctese el condensador de la red y cortocircuitense sus bornes con un destornillador. Debe observarse una chispa.



Fig. 2.81. — Circuito para medir la capacidad de un condensador.

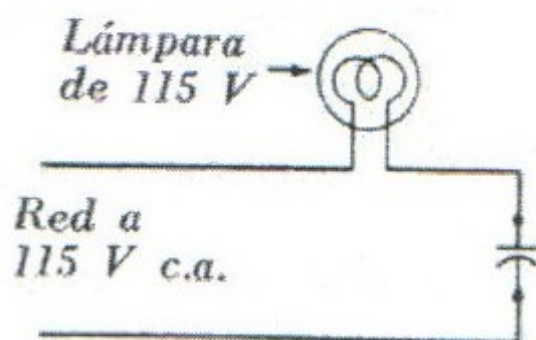
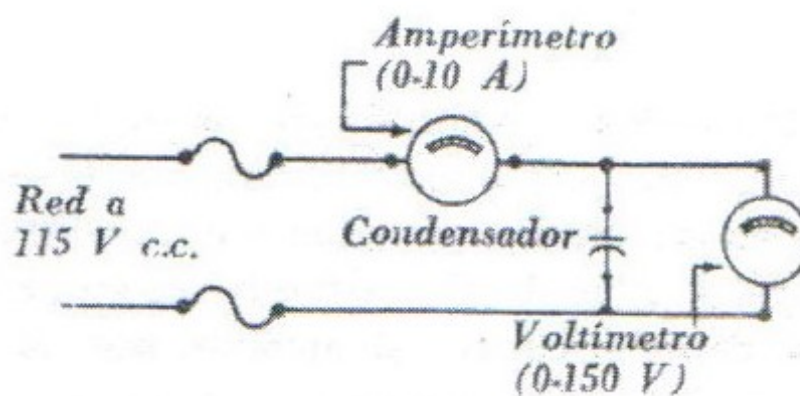
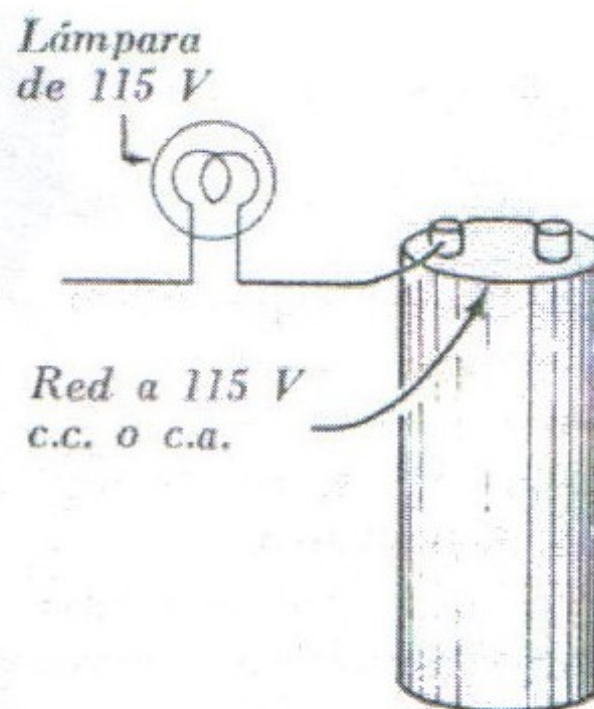


Fig. 2.82. — Prueba de cortocircuito en un condensador. Si la lámpara se enciende, el condensador tiene un cortocircuito interior. Obsérvese que la alimentación es con corriente continua.

Fig. 2.83. — Prueba de contacto a masa en un condensador.



3.-MOTORES TRIFÁSICOS

Estos motores se fabrican de las más diversas potencias, desde una fracción de caballo hasta varios miles de caballos. Tienen una característica de velocidad sensiblemente constante, y una característica de par que varía ampliamente según los diseños. Hay motores trifásicos que poseen un elevado par de arranque; otros, en cambio, lo poseen reducido. Hay tipos diseñados para que absorban una corriente de arranque más bien moderada, y otros que están previstos para absorber una corriente de arranque elevada. Se los construye para prácticamente todas las tensiones y frecuencias de servicio normalizadas, y muy a menudo están equipados para trabajar a dos tensiones nominales distintas. Los motores trifásicos se emplean para accionar máquinas -herramientas bombas, montacargas, ventiladores, grúas, maquinaria elevada, sopladores, etc.

Constitución de un motor trifásico

La figura 4.1 muestra el aspecto exterior de un motor trifásico. Se compone de tres partes principales: estator, rotor y escudos. Constructivamente es similar al motor de fase partida, pero está desprovisto de interruptor centrífugo.

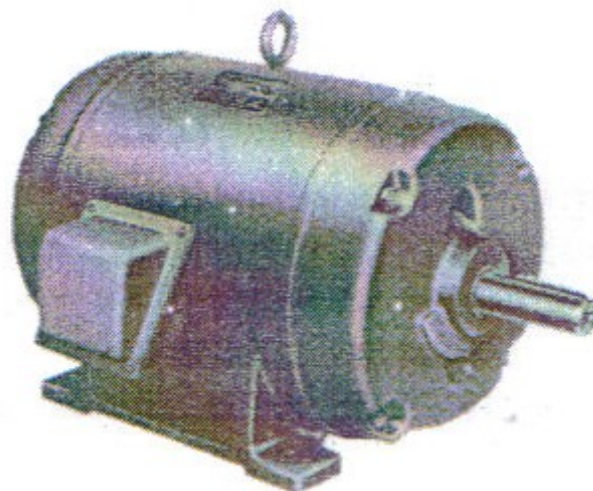


Fig. 4.1. — Motor trifásico de inducción (*Wagner Electric Company*).

El estator (fig. 4.2) consiste en una carcasa de fundición, un núcleo formado por chapas magnéticas, idéntico al empleado en motores de fase partida y de repulsión, y un arrollamiento constituido por bobinas individuales alojadas en las ranuras del núcleo. El rotor puede ser del tipo de jaula de ardilla, a base de barras y aros de aluminio fundidos conjuntamente en molde, o bien bobinado. Tanto un tipo como el otro están provistos de un núcleo de chapas magnéticas ajustado a presión sobre el eje. La figura 4.3 muestra el aspecto exterior de un motor de jaula de ardilla, el cual es completamente similar al de un motor de fase partida. Como su nombre indica, el rotor bobinado (fig. 4.4) lleva un arrollamiento especial, dispuesto en las ranuras del núcleo, cuyos terminales están conectados a tres anillos de fricción solidarios del eje.



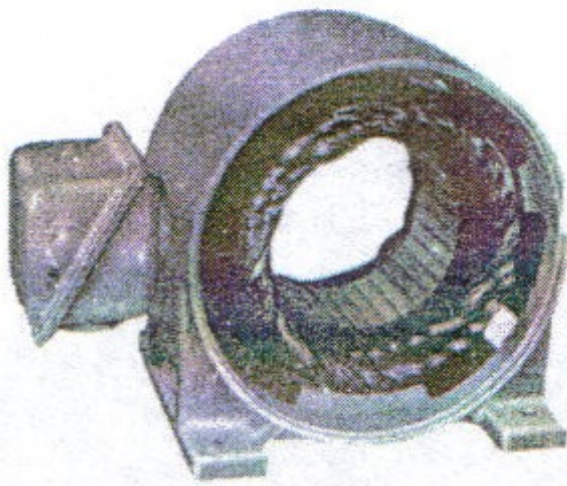


Fig., 4.2

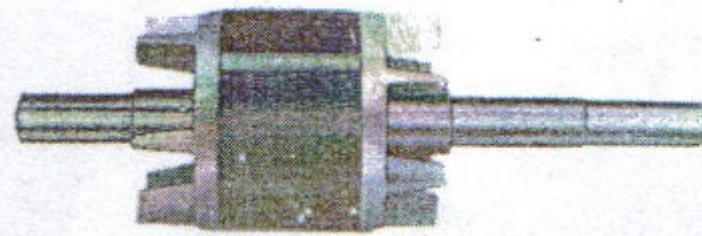


fig. 4.3



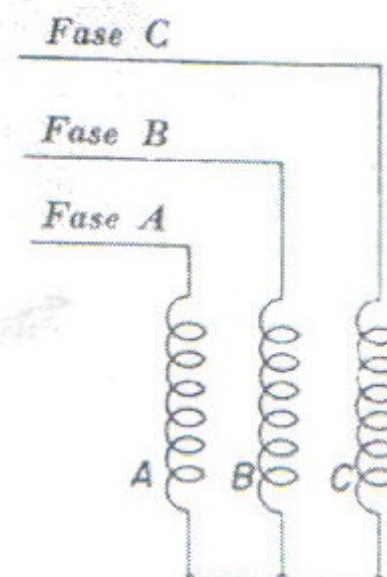
Fig.4.4

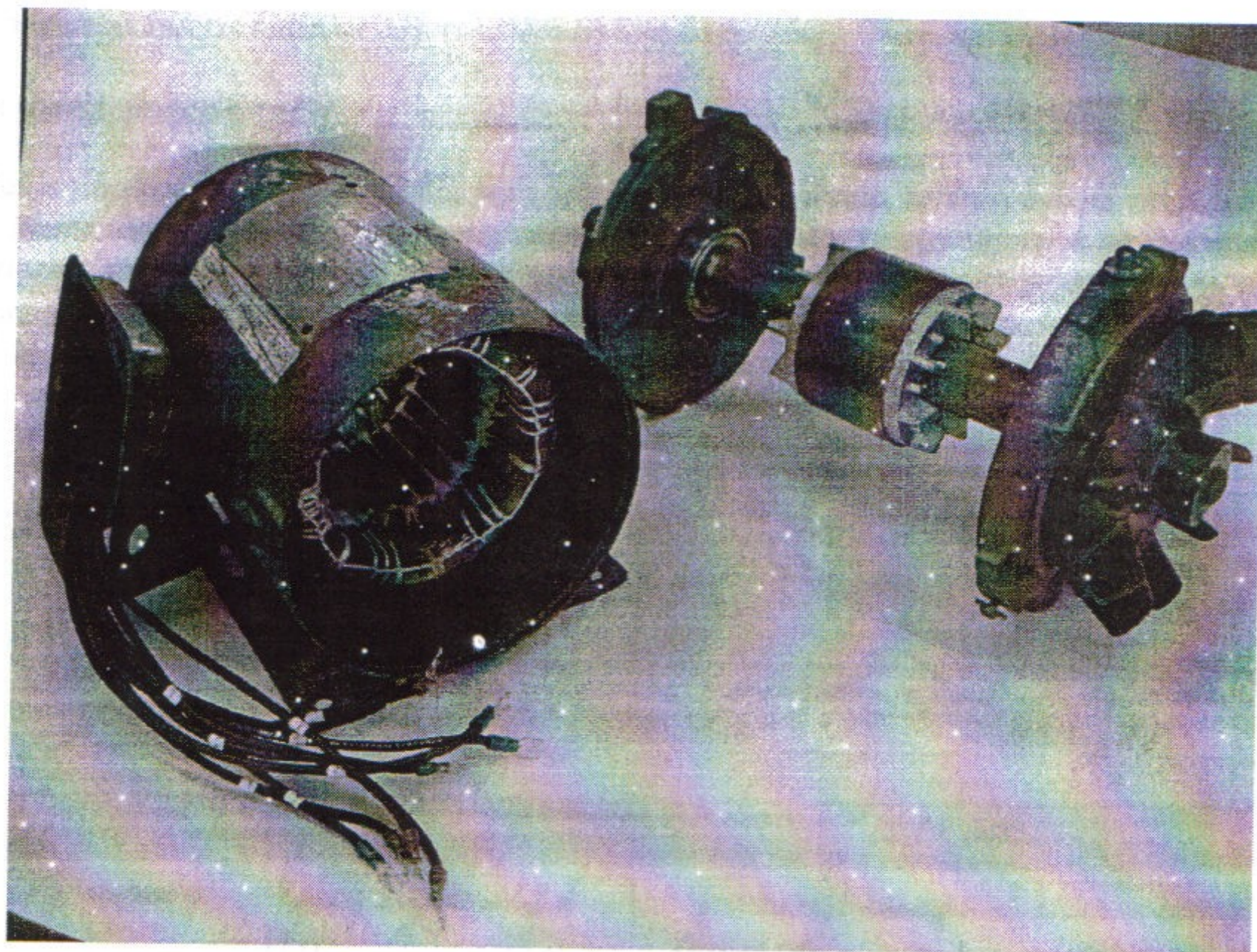
Igual que en los demás motores, los dos escudos se afianzan firmemente, uno a cada lado de la carcasa, con auxilio de pernos. En ellos van montados los cojinetes sobre los cuales se apoya y gira el eje del rotor. A tal efecto se emplean indistintamente cojinetes de bolas y cojinetes de resbalamiento.

Funcionamiento del motor trifásico

Las bobinas alojadas en las ranuras estatóricas están conectadas de modo que formen tres arrollamientos independientes iguales, llamados *fases*. En la figura 4.5 se han representado esquemáticamente las tres fases o arrollamientos de un motor. Dichos arrollamientos estatóricos distribuidos y unidos entre sí de tal manera que, al aplicar a sus terminales la tensión de una red de alimentación trifásica, se genera en el interior del estator un campo magnético giratorio que arrastra el rotor y lo obliga a girar a determinada velocidad.

Fig. 4.5 — Esquema de las bobinas estatóricas de un motor trifásico, conectadas de modo que formen tres arrollamientos independientes o fases.





MOTOR TRIFÁSICO DE INDUCCIÓN TIPO JAULA DE ARDILLA



4.-MOTORES TRIFÁSICOS PARA DOBLE TENSIÓN DE SERVICIO

Motores conectados en estrella

Casi todos los motores trifásicos previstos para doble tensión de servicio llevan nueve terminales exteriores, que se identifican con las designaciones normalizadas T1 hasta T9. La figura 4.70 reproduce estas designaciones, aplicadas al caso de motores conectados en estrella. En esta clase de motores se forman cuatro circuitos: tres con dos terminales y uno con tres terminales. Este dato será utilizado más adelante, al describir la manera de identificar terminales desprovistos de designación.

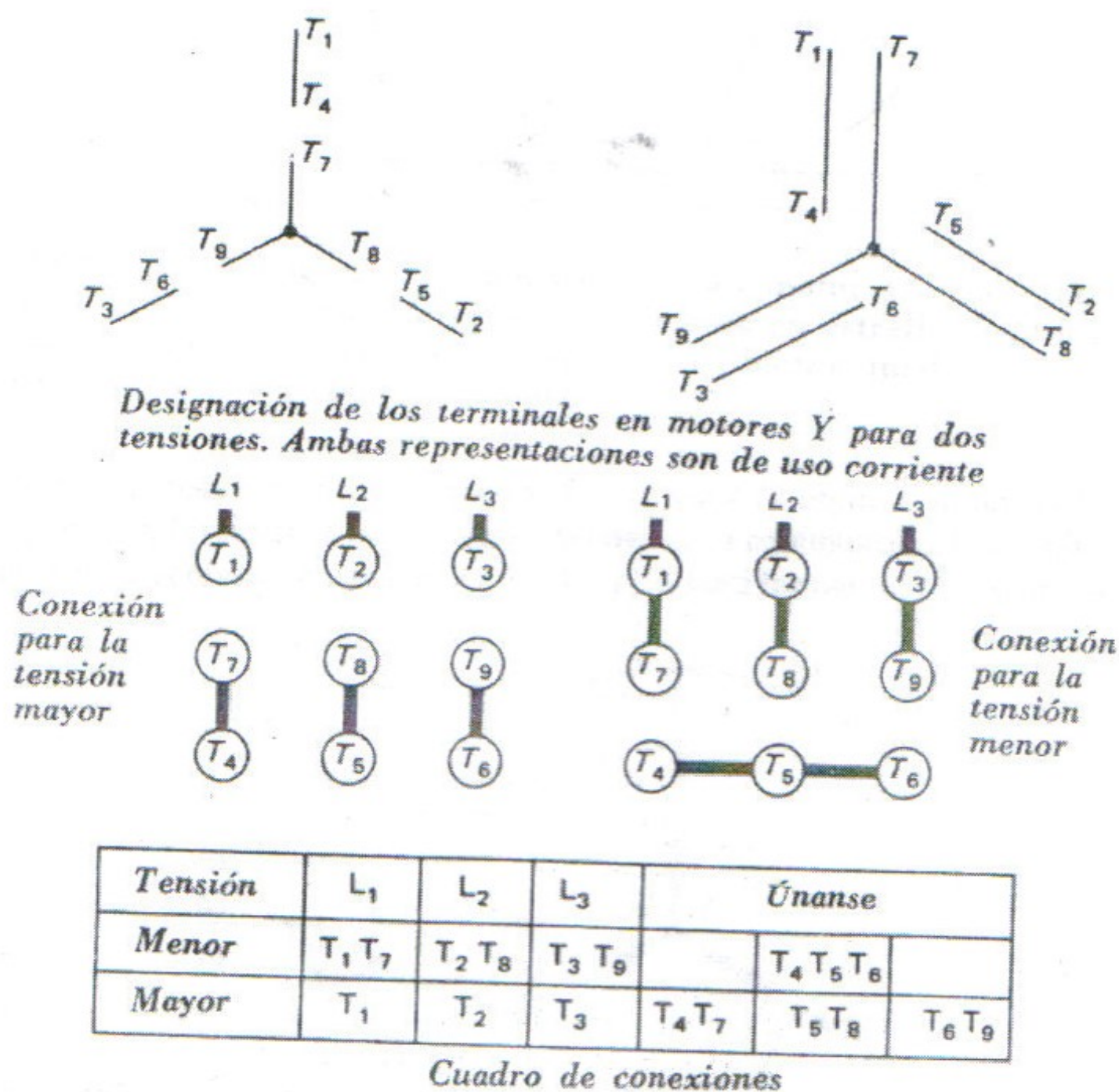


Fig. 4.70. — Designación y conexión de terminales en motores Y para doble tensión de servicio.

Obsérvese que cada fase se halla subdividida en dos mitades, las cuales se unen en serie o en paralelo según la alimentación, sea con la tensión mayor o con la tensión menor. En el primer caso se procede del modo siguiente (fig. 4.71): primero se empalman los terminales T6 y T9, luego los terminales T4 y T7, y finalmente los terminales T5 y T8. Una vez encintados dichos empalmes, se conectan los terminales restantes T1, T2 y T3 a las respectivas líneas L1, L2 y L3 de la red trifásica de alimentación.



Motores conectados en triángulo.

La figura 4.74 reproduce las designaciones normalizadas T1 a.T9 de las nueve terminales exteriores que llevan los motores trifásicos para doble tensión de servicio, en caso de conexión en triángulo. Nótese que los circuitos formados son ahora solamente tres, provistos cada uno de tres terminales.

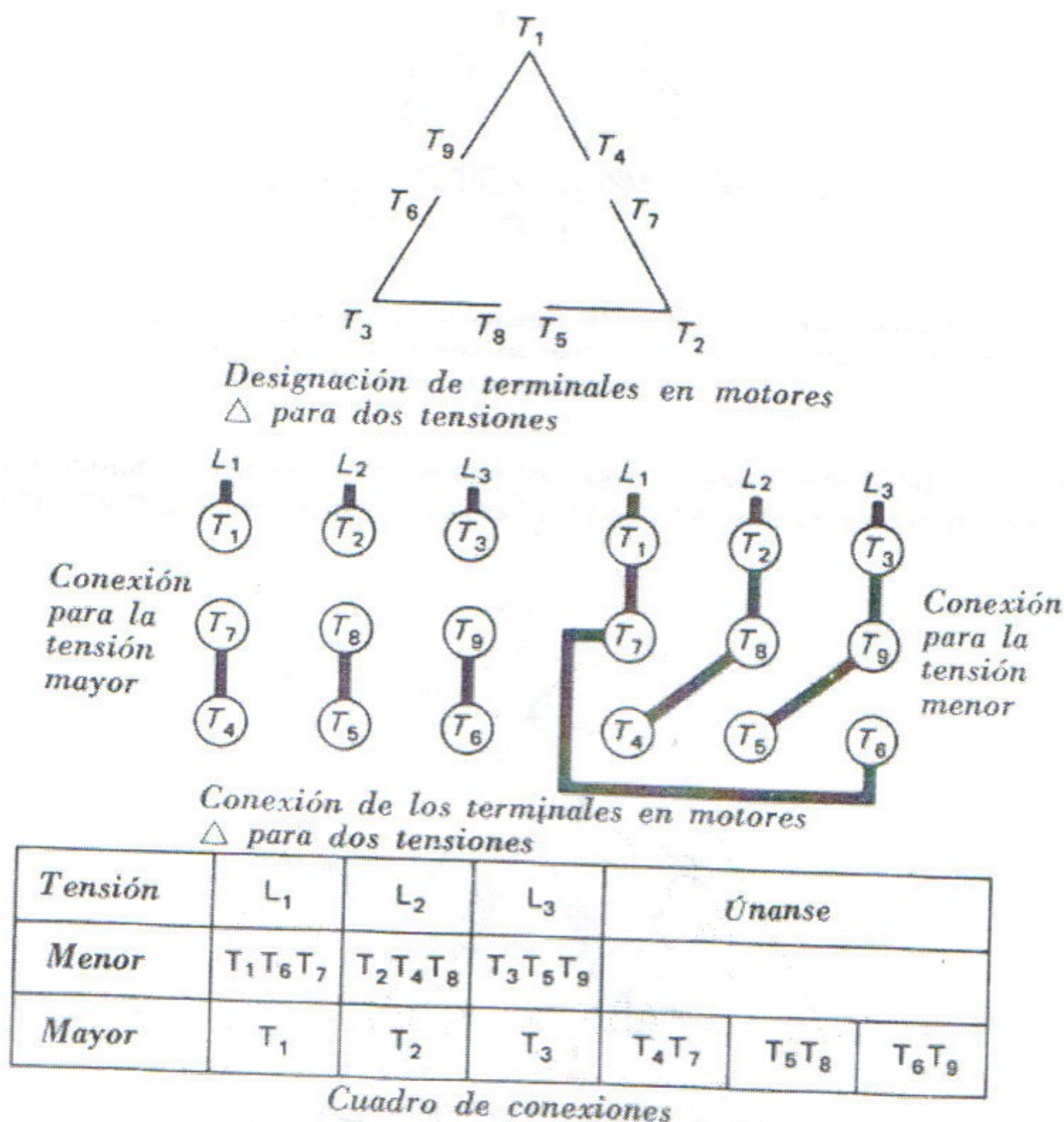


Fig. 4.74. — Designación y conexión de terminales en motores Δ para doble tensión de servicio.

Para alimentar el motor a la tensión mayor es preciso unir las dos mitades de cada fase en serie, como indica el diagrama esquemático de la figura 4.75. Esto se lleva a término empalmando sucesivamente los terminales T4 y T7, T5 y T8, T6 y T9; luego se conectan los terminales T1, T2 y T3 a las respectivas líneas L1, L2 y L3 de la red.



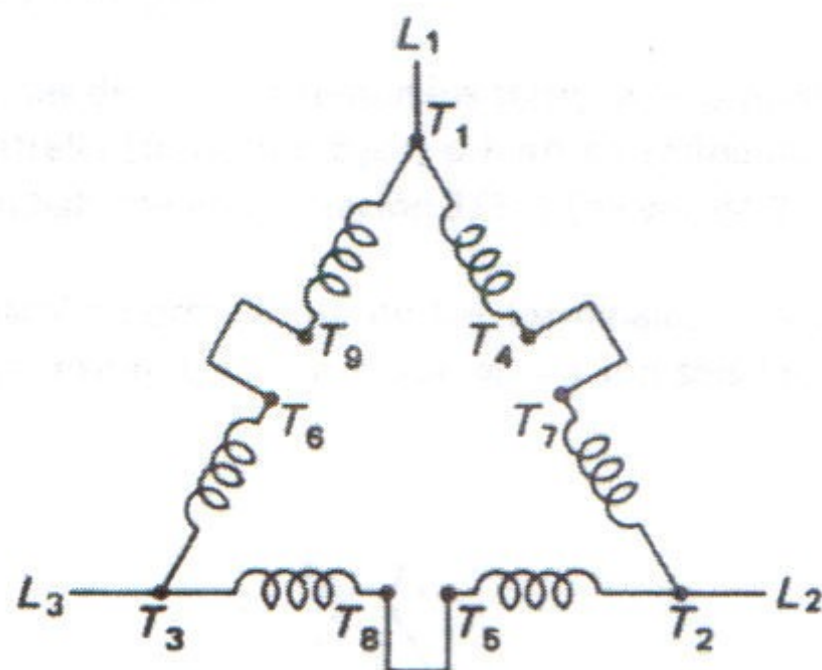


Fig. 4.75. — Diagrama esquemático de un motor trifásico para doble tensión de servicio, conectado en triángulo. Las dos mitades de cada fase están unidas en serie (tensión mayor).

Para alimentar el motor a la tensión menor se procede según el diagrama de la figura 4.76: basta conectar los terminales T1, T7 y T6 a la línea L1, los terminales T2, T4 y T8 a la línea L2, y los terminales T3, T5 y T9 a la línea L3.

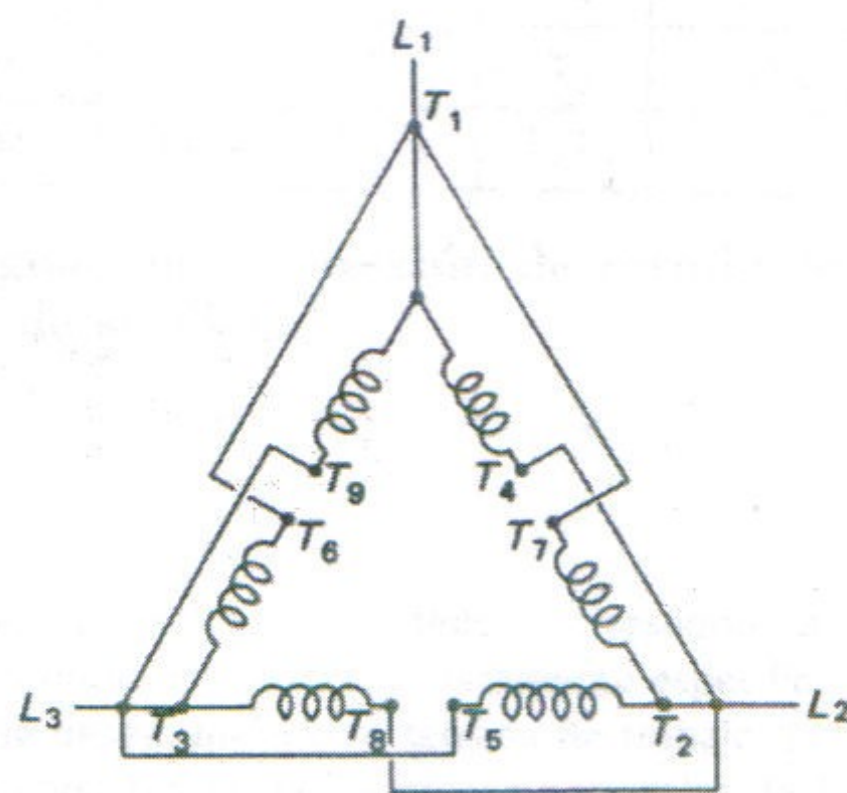


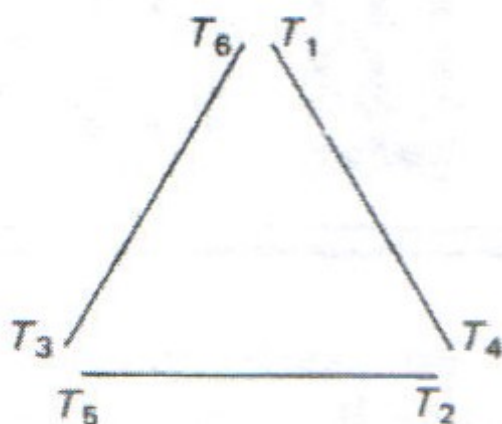
Fig. 4.76. — Diagrama esquemático del mismo motor representado en la figura 4.75. Las dos mitades de cada fase están unidas ahora en paralelo (tensión menor).



Motores conectados en estrella / triángulo.

Ciertos motores para dos tensiones de servicio tienen los terminales previstos de modo que el arrollamiento entero pueda conectarse en estrella (tensión mayor) o bien en triángulo (tensión menor). En tal caso las tensiones mayor y menor deben hallarse en la relación 1/3: 1 (en vez de 2: 1, como en los demás tipos).

La figura 4.78 indica la designación normalizada de los terminales y la manera de unirlos entre sí para conseguir una u otra clase de conexión. Obsérvese que ahora son seis los terminales que salen al exterior, dos de cada fase.



Tensión	L ₁	L ₂	L ₃	Únanse
Mayor	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄ T ₅ T ₆
Menor	T ₁ T ₆	T ₂ T ₄	T ₃ T ₅	

Fig. 4.78. — Designación y conexión de terminales en motores Y/Δ para doble tensión de servicio.

5.- PLACA DE CARACTERÍSTICAS

La figura 4.81 muestra una placa de características típica: corresponde a un motor trifásico en estrella, previsto para dos tensiones de servicio. En ella están claramente especificadas las conexiones a efectuar con los terminales, según que se desee una u otra tensión de trabajo. El examen detenido de la misma suministra además otros datos importantes: las tensiones nominales de funcionamiento (220/440 V), la frecuencia normal de trabajo (60 Hz), la potencia (5 CV) y la velocidad (1.750 r.p.m.) del motor, etc. En la placa figuran también, sin embargo, algunas características importantes cuya lectura no es de comprensión directa. Dada la utilidad que el conocimiento y la interpretación correcta de las mismas puede tener para el personal dedicado a reparación de motores, se explica a continuación el significado de dichos conceptos.



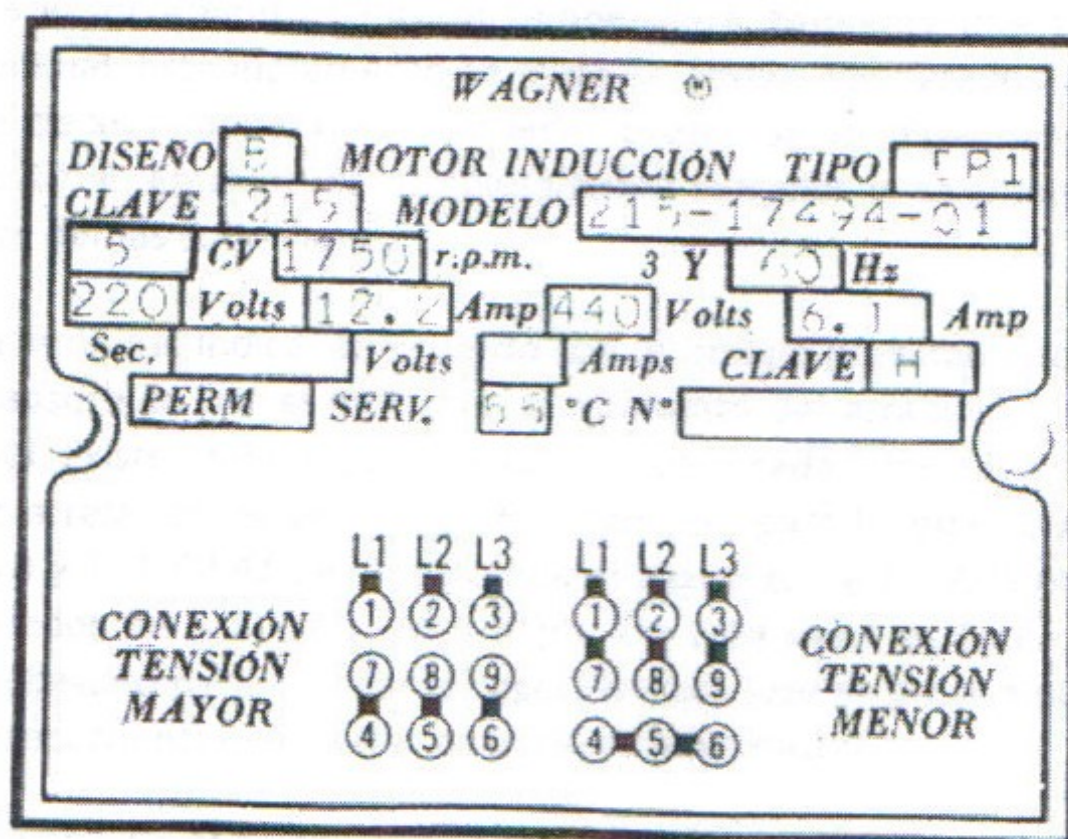


Fig. 4.81. — Placa de características de un motor en estrella previsto para dos tensiones de servicio (*Wagner Electric Company*).

DISEÑO. -Los motores de inducción polifásicos con rotor de jaula de ardilla, de potencia inferior a una decena de caballos, han sido clasificados en cuatro diseños, designados por las letras A, B, C y D. Estos motores permiten su conexión directa a la red, es decir, están previstos para soportar la plena corriente de arranque. Los motores de diseño A, B o C tienen un deslizamiento inferior al 5 %, a la carga nominal; para los motores de diseño D, el deslizamiento es igual o superior al 5 %. Los motores de diseño A o B con diez o más polos pueden tener, sin embargo, un deslizamiento igual o superior al 5 %, a la carga nominal. El par de arranque y el par crítico desarrollados, así como también la corriente de arranque absorbida, varían según el diseño.

En la publicación *Motor Standards* de NEMA figuran tablas con dichos valores.

TIPO. -Los fabricantes de motores utilizan determinados símbolos para designar abreviadamente ciertas características constructivas de protección. En nuestro ejemplo, "EP1" denota un motor completamente cerrado, desprovisto de ventilación.

CIFRA CLAVE. -Para motores de potencia inferior al 0 CV, esta cifra indica dos dimensiones externas características del motor: la distancia D entre el eje geométrico del árbol y el plano inferior de los pies o base de soporte, y la distancia F entre el eje de simetría de la base del motor y el eje de los taladros de los pies destinados a los espárragos de fijación. Ambas cotas pertenecen a una vista lateral del motor. En el ejemplo de la figura 4.81, los dos primeros dígitos (21) de la cifra clave (215) suministran, divididos por 4, la distancia D en pulgadas ($5\frac{1}{4}$); el tercer dígito (5), es función de la distancia F.

SERVICIO. -El dato que precede a este concepto indica el período de tiempo durante el cual el motor puede funcionar desarrollando su plena potencia, a la tensión y frecuencia especificadas en su placa de características, sin que su calentamiento exceda del límite señalado en dicha placa. En nuestro ejemplo, el símbolo PERM denota que el motor puede prestar servicio permanente.



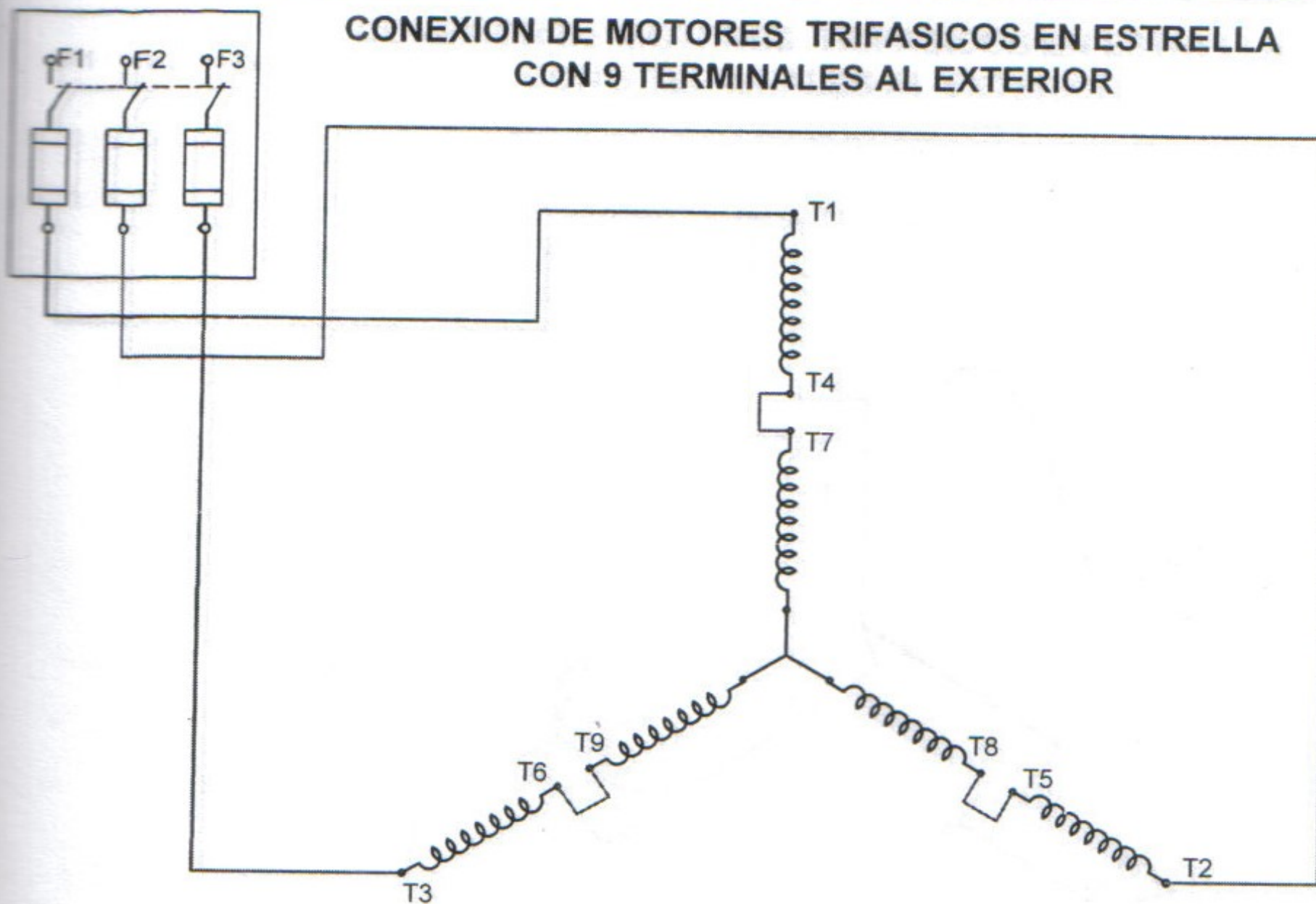
CALENTAMIENTO. -Es el incremento sobre la temperatura ambiente que experimenta el motor cuando trabaja a su carga nominal. Este incremento se mide en grados centígrados. Los motores de tipo abierto y uso general, provistos de aislamiento clase A, pueden prestar servicio permanente sin que su calentamiento exceda en general de 40°C . En motores completamente cerrados el calentamiento no suele ser superior a 55°C , a igualdad de las demás condiciones.

LETRA CLAVE. -Es una letra que indica, de acuerdo con un código preestablecido, la potencia aparente en KV A (kilovoltamperios) absorbida por el motor en el momento del arranque (o sea con el rotor parado) por caballo de potencia útil. Existen tablas que suministran, para cada letra clave, los valores entre los que debe estar comprendida esta relación de potencias. Por ejemplo, para la letra clave H (fig. 4.81), dicha relación puede oscilar entre 6,3 y 7,1 KV A/ CV. Puesto que el motor es de 5 CV, la potencia aparente absorbida al arrancar no debe exceder de $5 \times 7,1 = 35,5 \text{ K VA}$. De este valor es fácil deducir el de la corriente de arranque, el cual es necesario para calcular la capacidad con que es preciso dimensionar los dispositivos de protección contra sobrecorrientes a insertar en el circuito del motor.

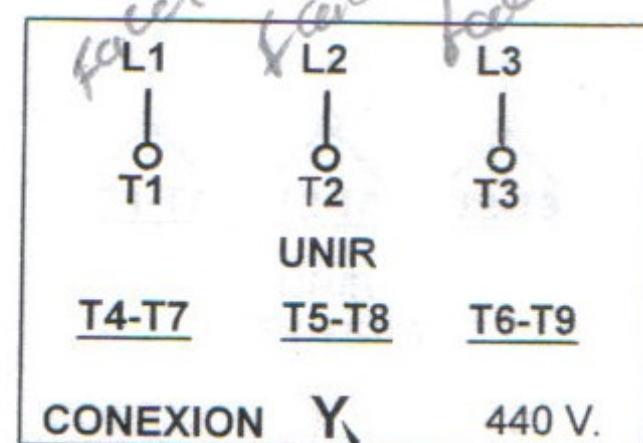
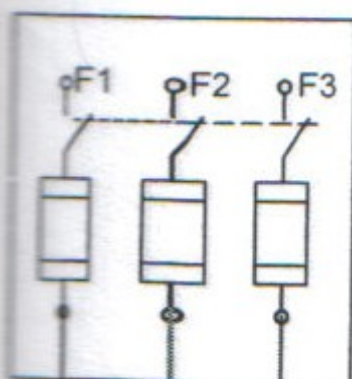
FACTOR DE SOBRECARGA. -Es el factor por el cual debe multiplicarse la potencia nominal para hallar la potencia (carga) máxima admisible que puede suministrar el motor a la tensión, frecuencia y temperatura especificadas en la placa de características. Así, un factor de 1,15 indica que el motor puede sobrecargarse hasta 1,15 veces su potencia nominal.



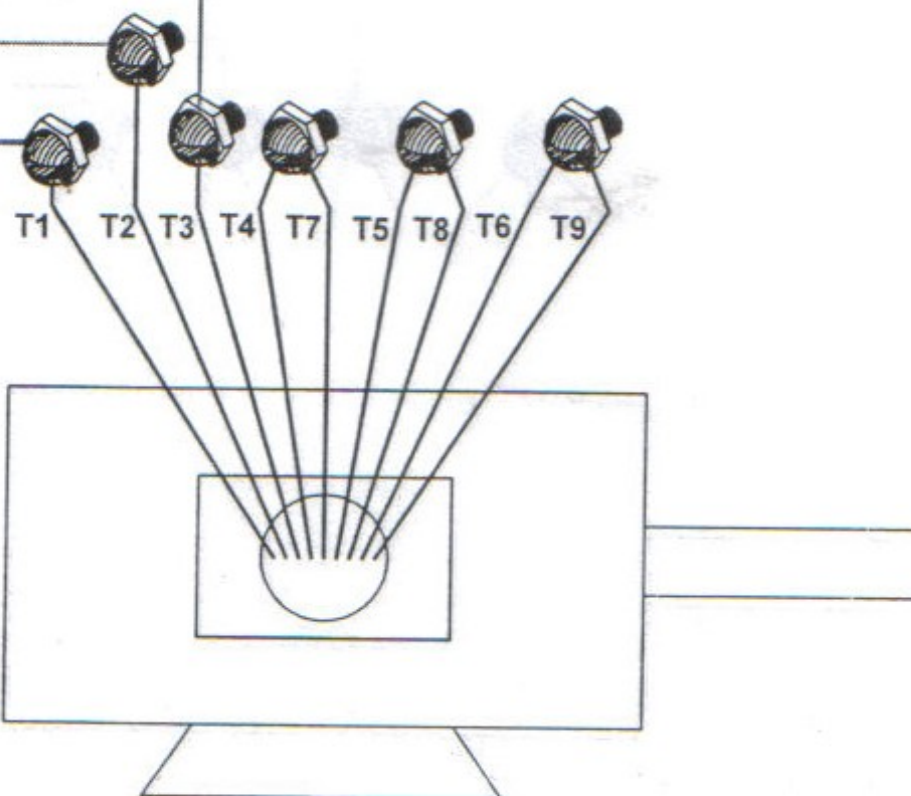
CONEXION DE MOTORES TRIFASICOS EN ESTRELLA CON 9 TERMINALES AL EXTERIOR



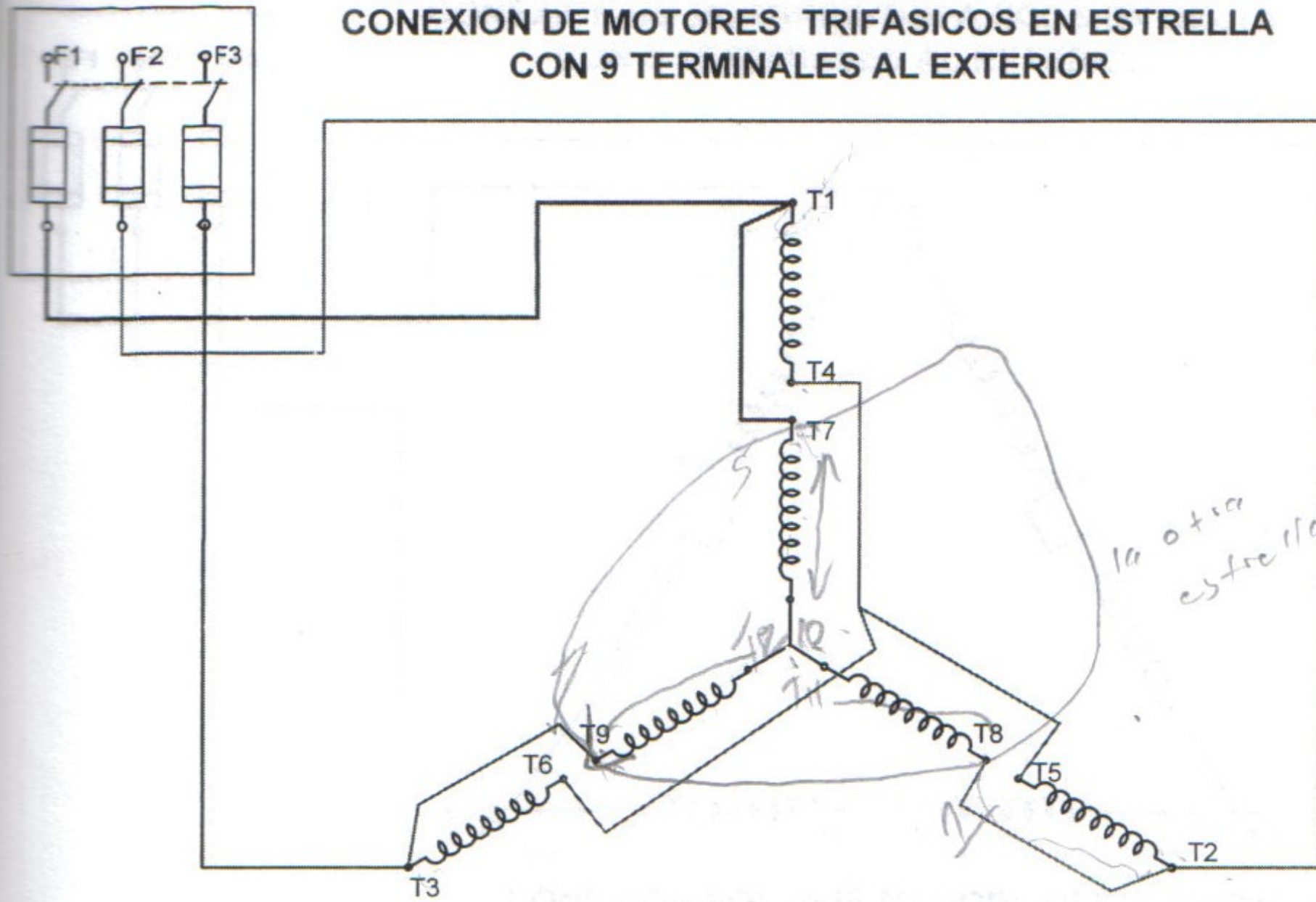
CONEXION VOLTAJE MAYOR : ESTRELLA SERIE 440 V.



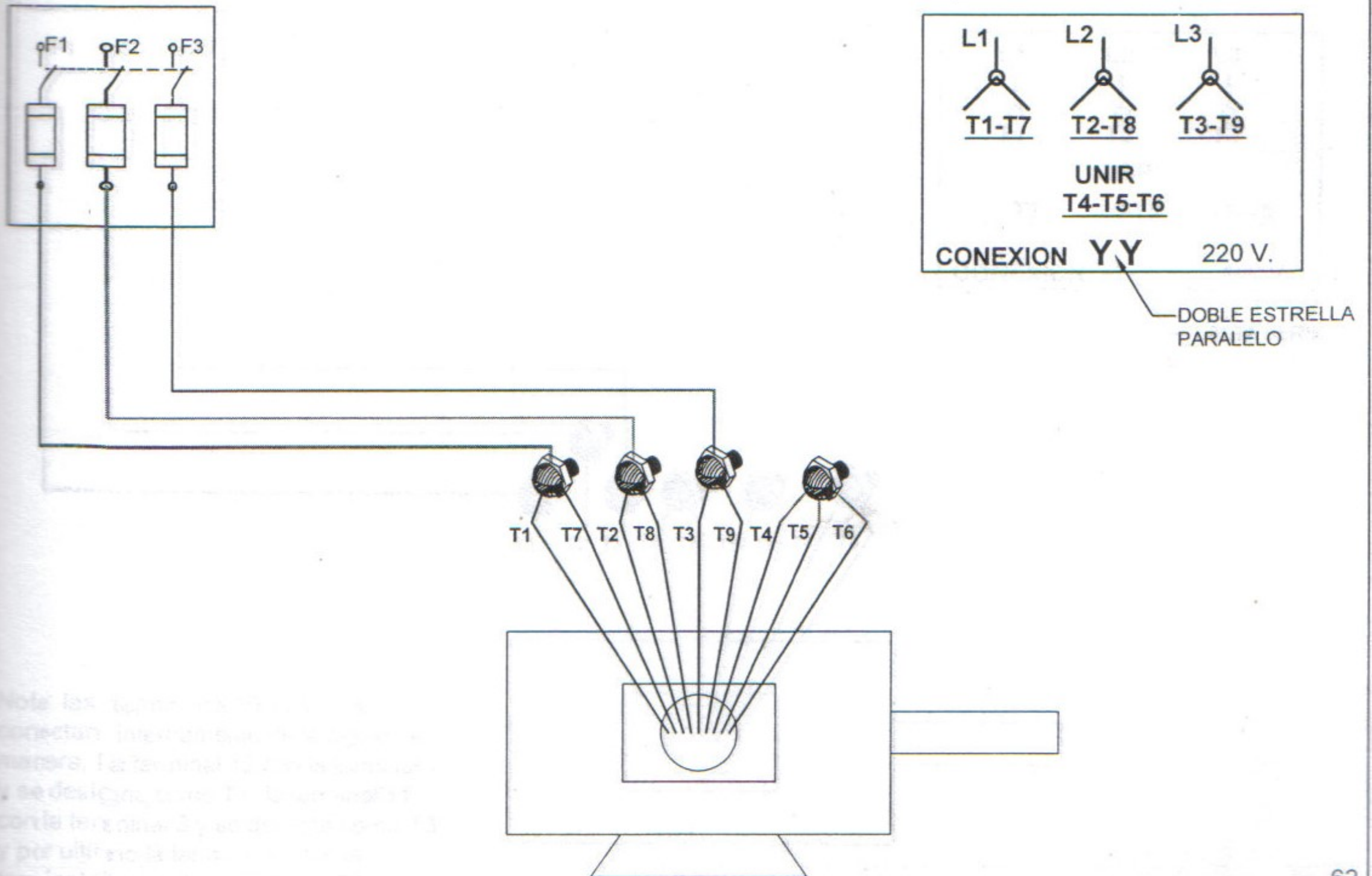
ESTRELLA SERIE



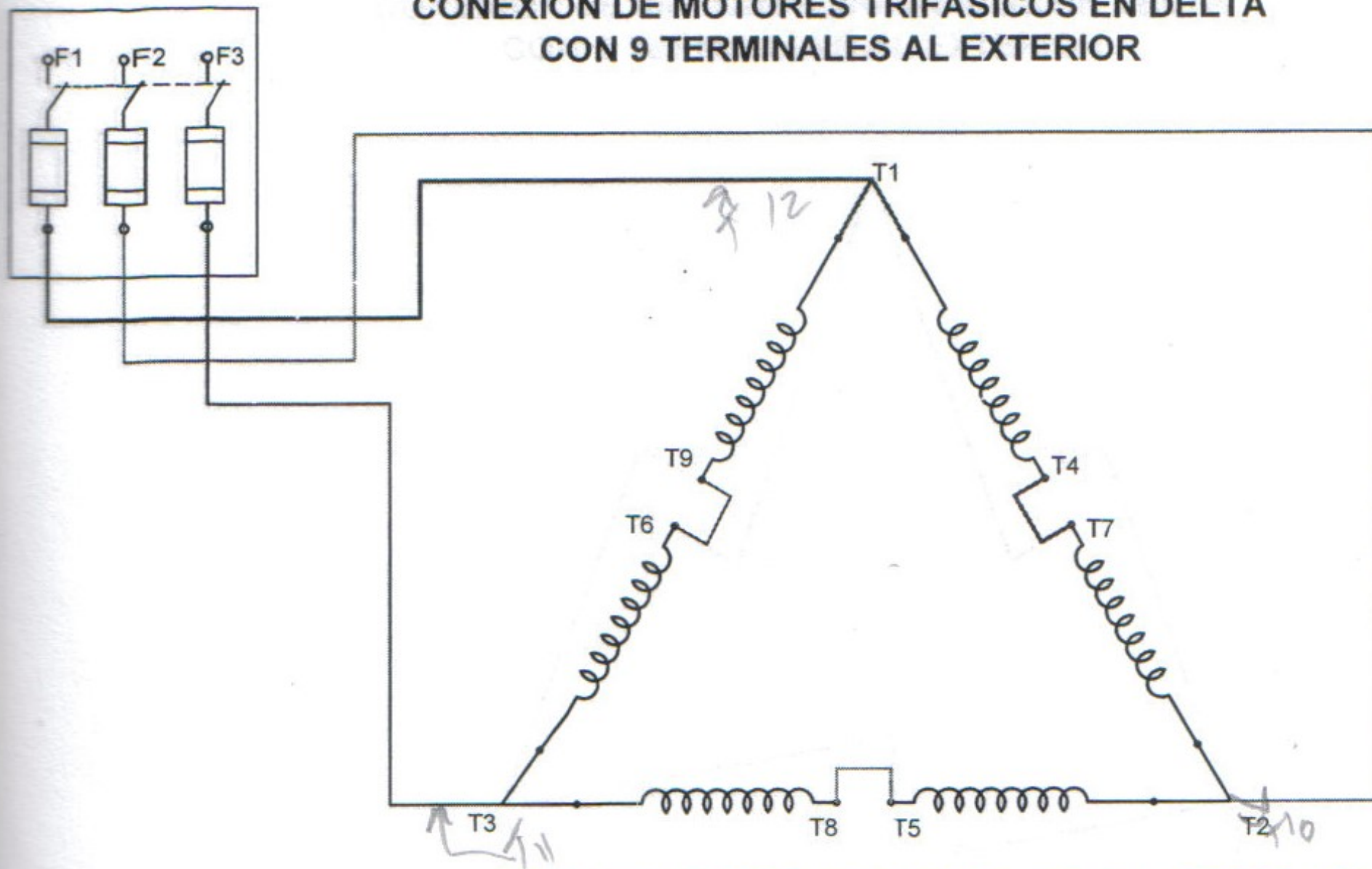
CONEXION DE MOTORES TRIFASICOS EN ESTRELLA CON 9 TERMINALES AL EXTERIOR



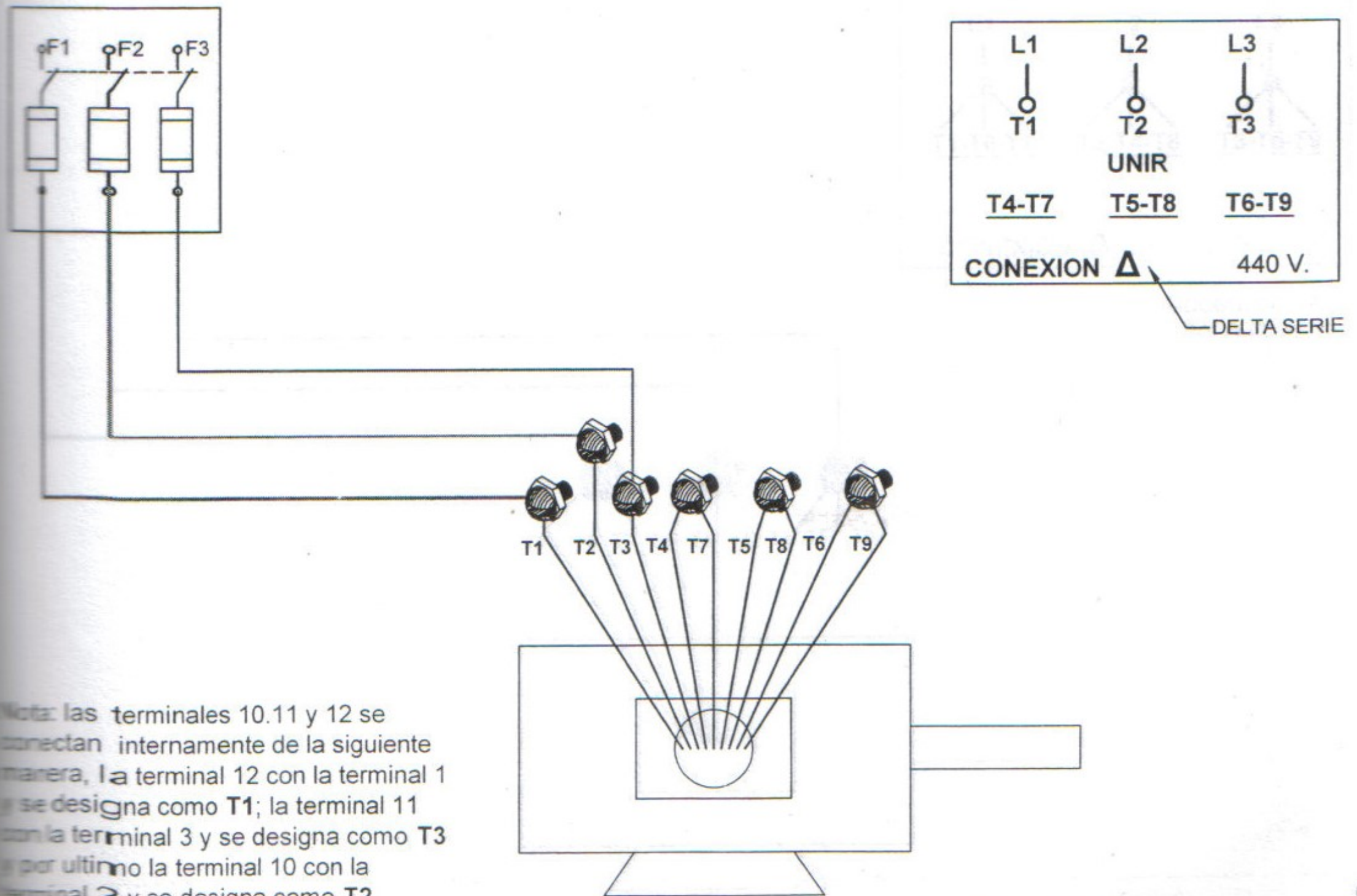
CONEXION VOLTAJE MENOR: DOBLE ESTRELLA PARALELO 220 V.



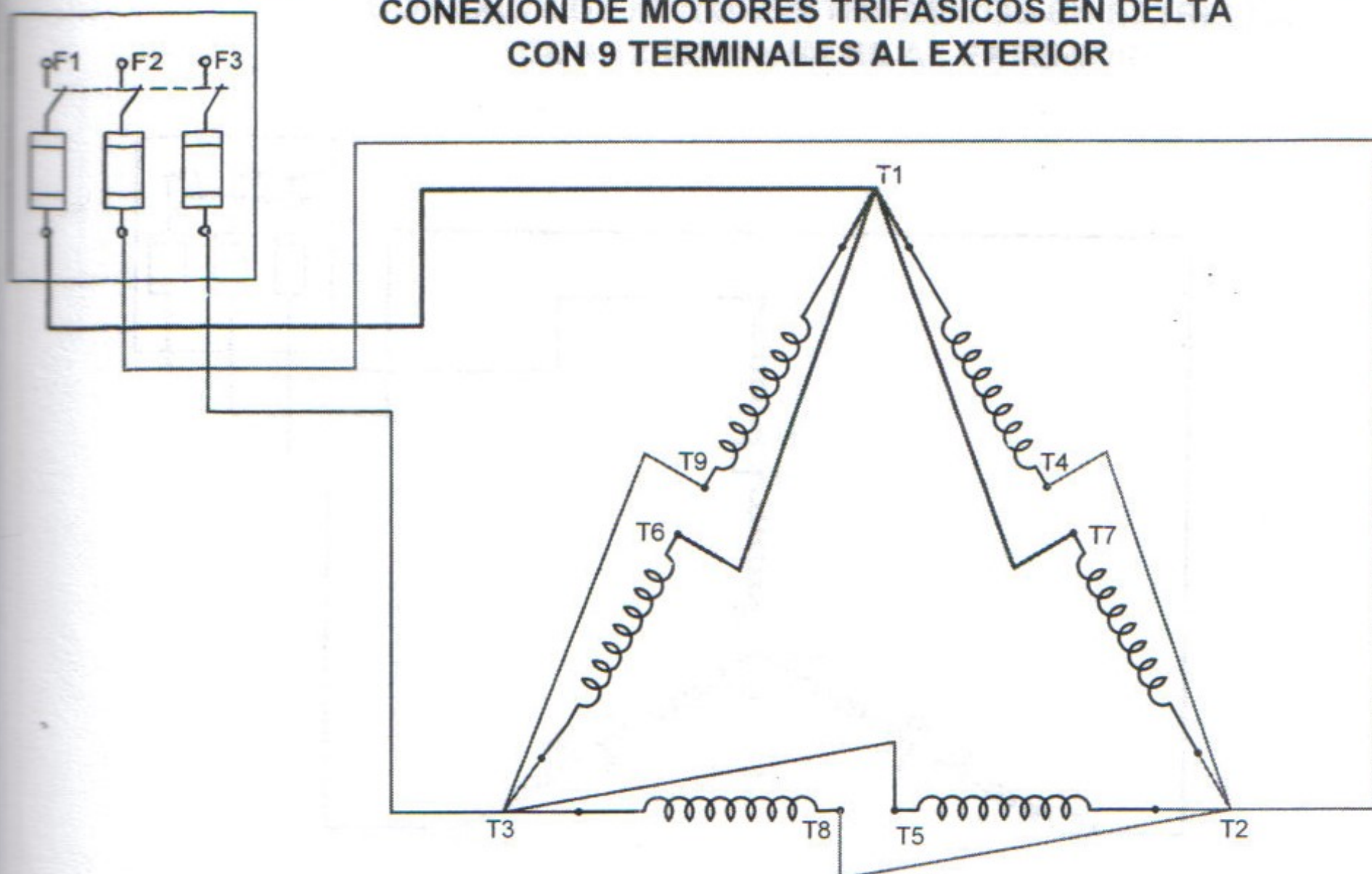
CONEXION DE MOTORES TRIFASICOS EN DELTA CON 9 TERMINALES AL EXTERIOR



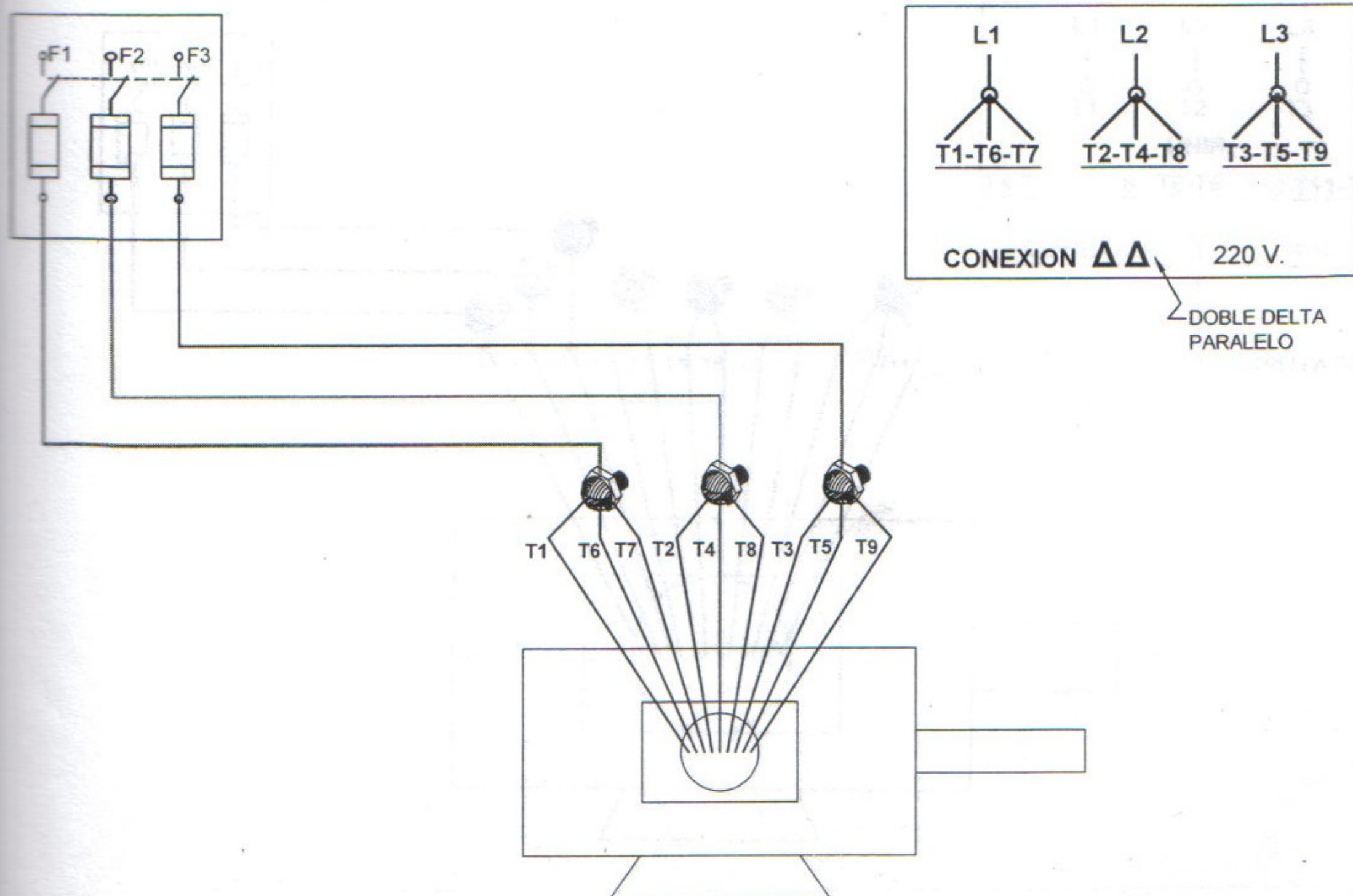
CONEXION VOLTAJE MAYOR: DELTA SERIE 440 V:



CONEXION DE MOTORES TRIFASICOS EN DELTA CON 9 TERMINALES AL EXTERIOR

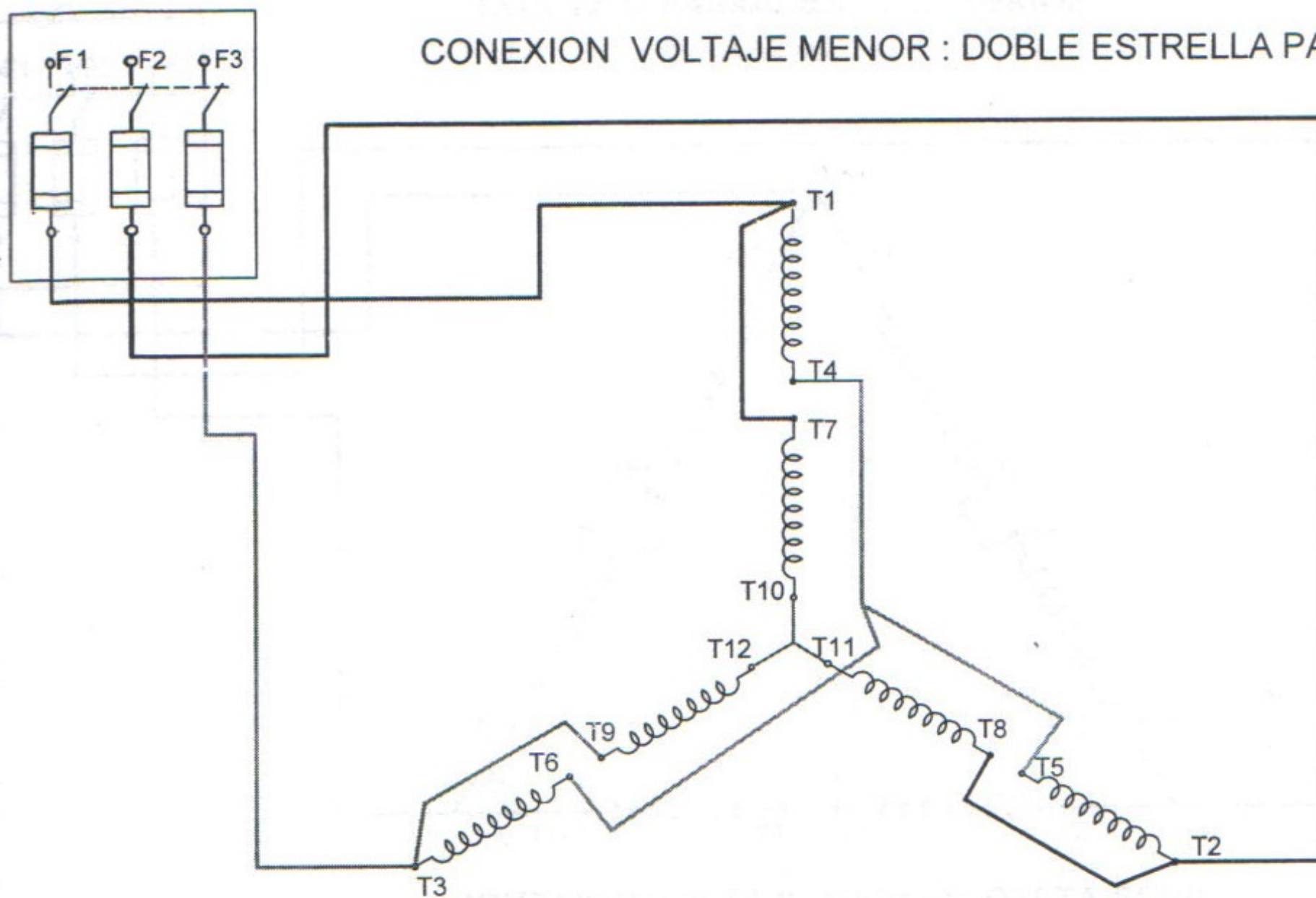


CONEXION DE VOLTAJE MENOR: DOBLE DELTA PARALELO 220V.

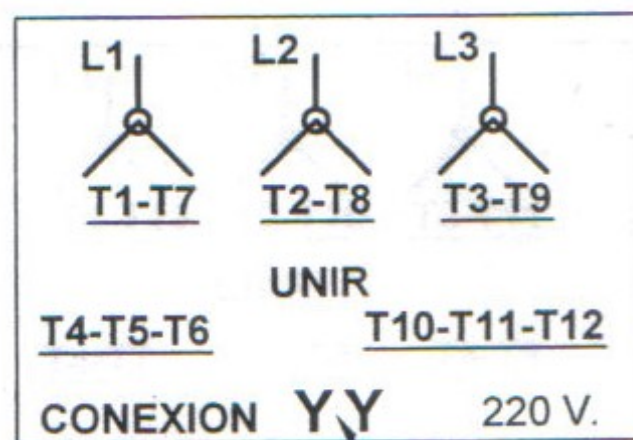
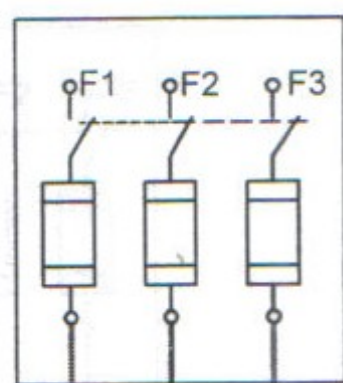


CONEXION DE MOTORES TRIFASICOS EN ESTRELLA

CONEXION VOLTAJE MENOR : DOBLE ESTRELLA PARALELO



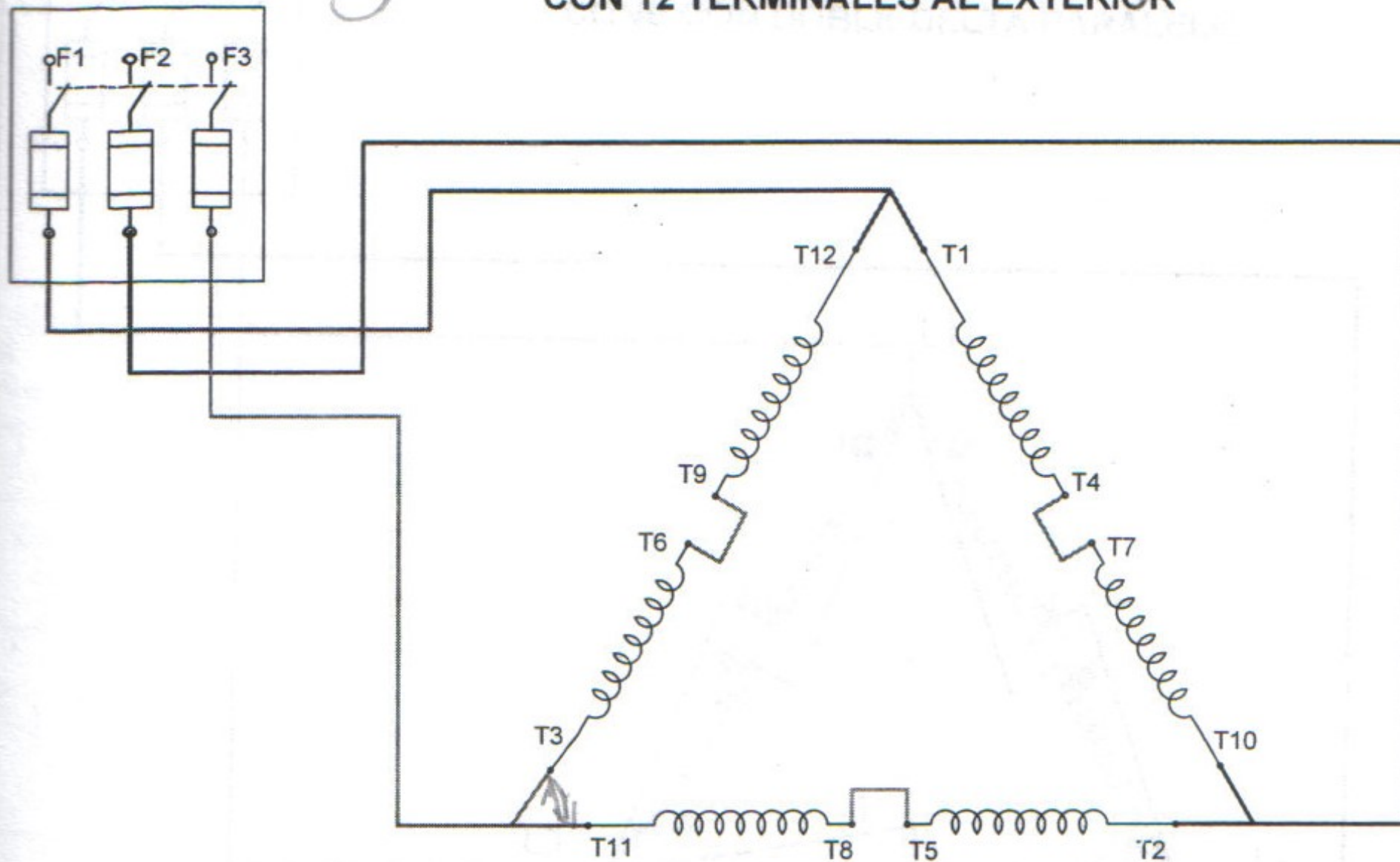
CONEXION VOLTAJE MENOR 220V: DOBLE ESTRELLA PARALELO



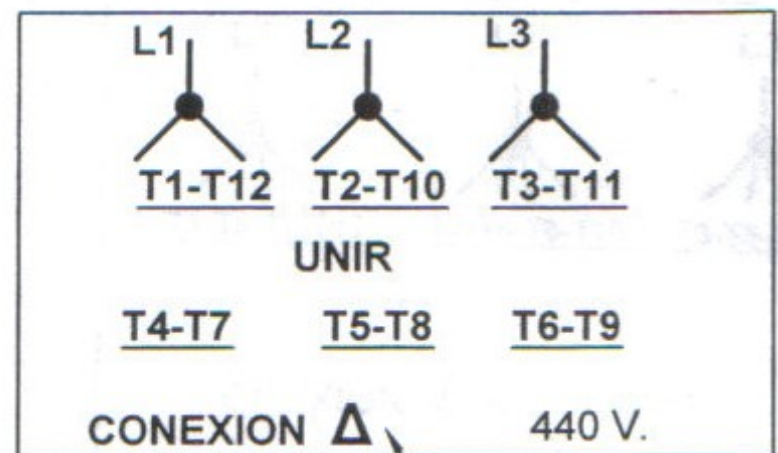
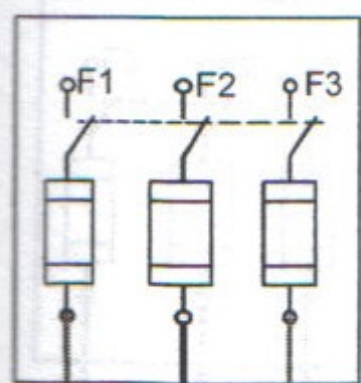
DOBLE ESTRELLA PARALELO



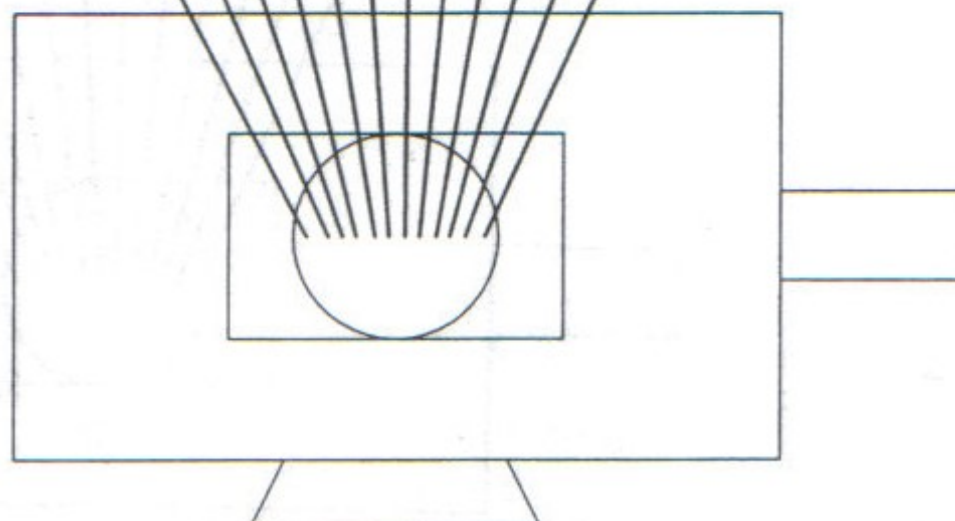
CONEXION DE MOTORES TRIFASICOS EN DELTA CON 12 TERMINALES AL EXTERIOR



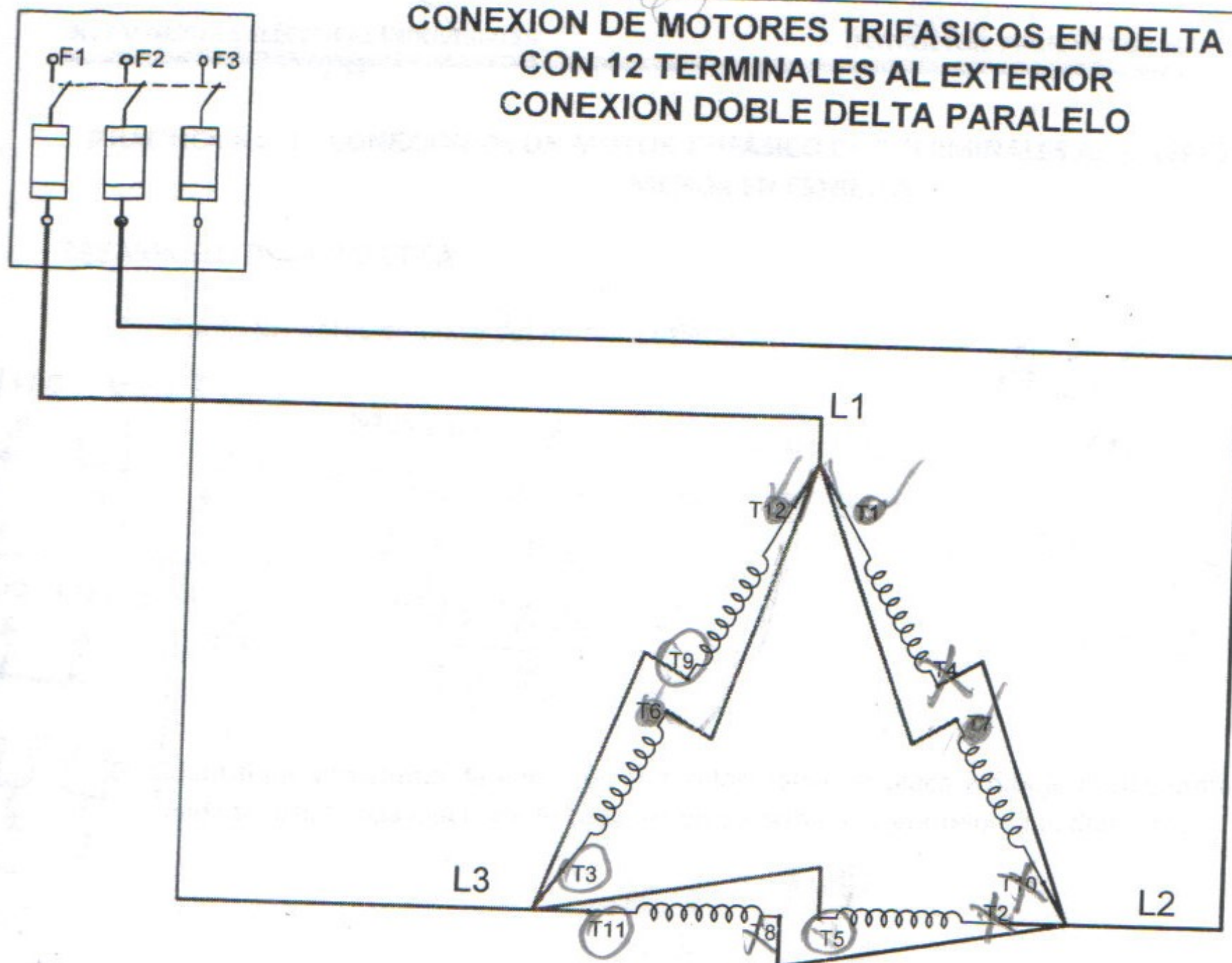
CONEXION VOLTAJE MAYOR: DELTA SERIE



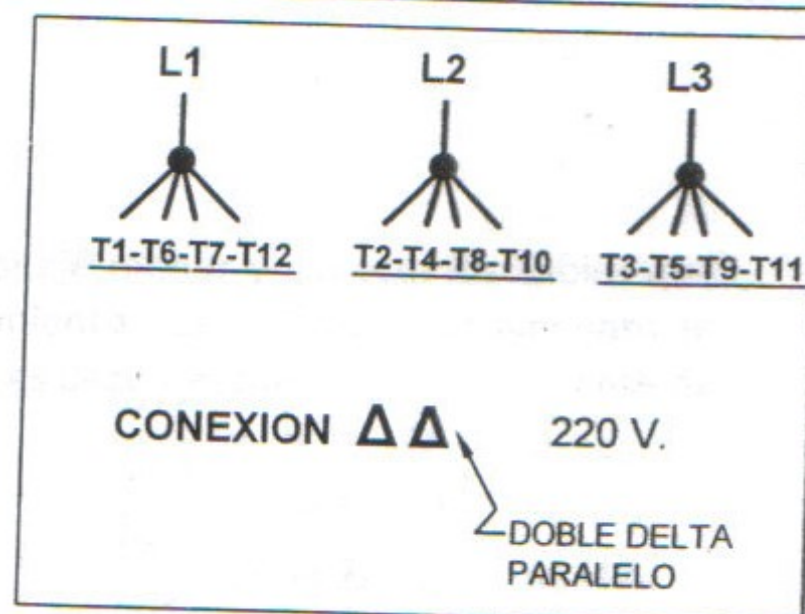
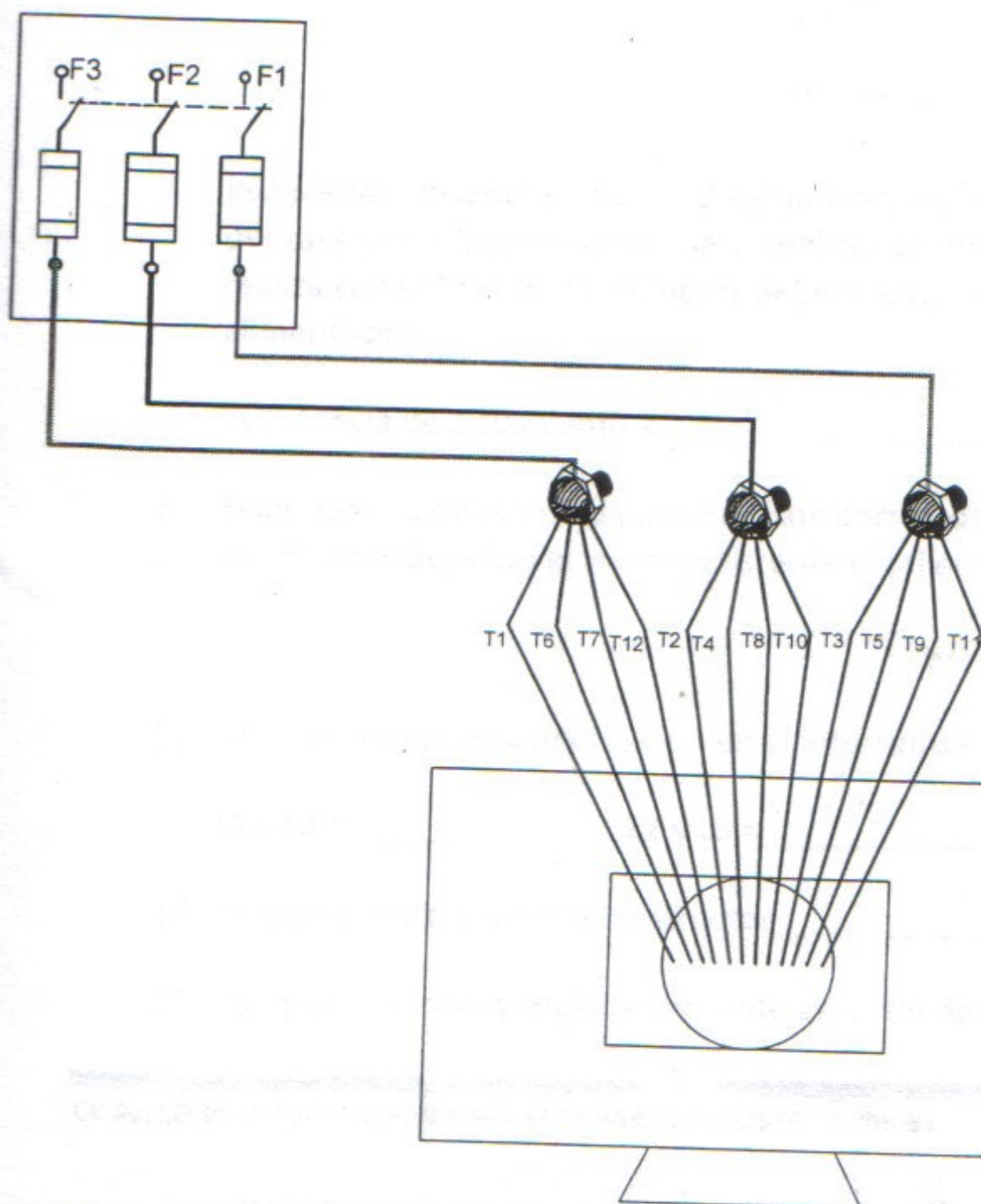
DELTA SERIE



CONEXION DE MOTORES TRIFASICOS EN DELTA CON 12 TERMINALES AL EXTERIOR CONEXION DOBLE DELTA PARALELO



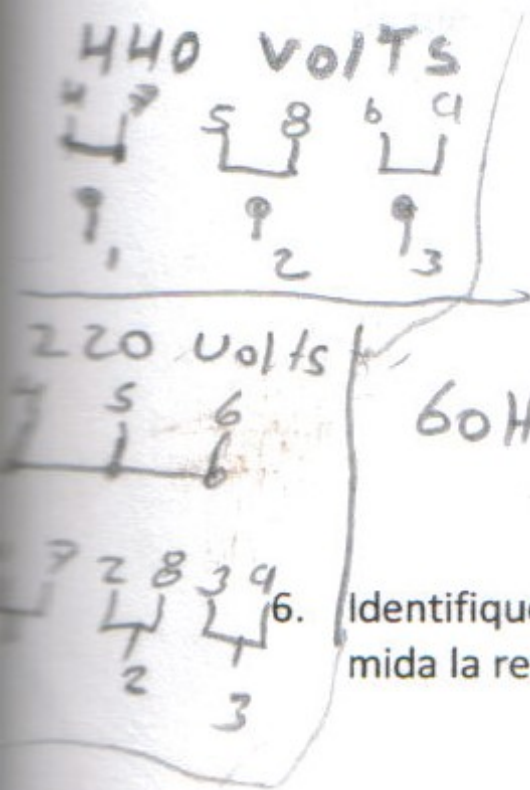
CONEXION VOLTAJE MENOR: DOBLE DELTA PARALELO



PRACTICA No. 1.- CONEXIÓN DE UN MOTOR TRIFÁSICO DE 9 TERMINALES AL EXTERIOR PARA VOLTAJE MENOR EN ESTRELLA

DESARROLLO DE LA PRÁCTICA

5. Anote los datos de placa del motor a utilizar.



Motor 3 ϕ 60 Hz
 Tipo MM 90 B = 4
 2.0 HP
 $\frac{440/220 V}{3.5/7.0 A}$

ASEA

No - 8-300
 16.0 KG
 Clase B Col
 1705 RPM

6. Identifique el sistema de conexión según los datos de placa y dibuje el diagrama correspondiente; mida la resistencia eléctrica de cada grupo de bobinas y anótelo en el diagrama

1-4 = 3.0
 2-5 = 2.7
 3-6 = 2.8
 7-8 = 4.7
 7-9 = 4.6

7. Realice las conexiones de las 9 terminales del motor para voltaje menor y conecte los cables que utilizará como alimentación para realizar la prueba de aislamiento. (La prueba de aislamiento se realiza con el MEGGER y el motor deberá estar desenergizado es decir desconectado de la fuente de alimentación)

Resistencia de aislamiento = _____

L1 = 33.9 M Ω
 L2 = 46.4 M Ω
 L3 = 48.3 M Ω

8. Si los valores de la prueba anterior son correctos realice las conexiones necesarias para alimentar al motor considerando el voltaje existente el taller (220 volts)

9. Mide el voltaje de alimentación en el interruptor a utilizar

L1 y L2 = _____ L2 y L3 = _____ L1 y L3 = _____

10. Solicite el visto bueno del Instructor _____

11. Energice el motor y mide la corriente en vacío del motor



L1 = _____ AMPERES L2 = _____ AMPERES L3 = _____ AMPERES

12. Mida las revoluciones por minuto del motor

RPM = _____

13. Dibuje el diagrama eléctrico y pictórico de las conexiones que realizó para alimentar al motor.

14. Dibuje las partes principales de un motor trifásico de inducción tipo jaula de ardilla

15. Comentarios y sugerencias



PRACTICA No. 2.- CONEXIÓN DE UN MOTOR TRIFÁSICO DE 12 TERMINALES**DESARROLLO DE LA PRÁCTICA**

1. Anote los datos de placa del motor a utilizar.

2. Identifique los grupos de bobinas y mida la resistencia de cada uno.

3. Seleccione el sistema a utilizar y dibuje su diagrama de conexión, realice las conexiones DE LAS 12 TERMINALES DEL MOTOR.

4. Si los valores de la prueba anterior son correctos realice las conexiones necesarias para alimentar al motor considerando el voltaje existente el taller (220 volts)

5. Mida el voltaje de alimentación en el interruptor a utilizar

L1 y L2 = _____ L2 y L3 = _____ L1 y L3 _____



6. Solicite el visto bueno del Instructor _____

7. Energice el motor y mida la corriente en vacío del motor

L1 = _____ AMPERES L2 = _____ AMPERES L3 = _____ AMPERES

Determine el porcentaje de los valores obtenidos con respecto a la corriente a plena carga.

8. Mida las revoluciones por minuto del motor y compare con los datos de placa.

RPM = _____

9. Dibuje el diagrama eléctrico y pictórico de las conexiones que realizó para alimentar al motor.

10. Explique la diferencia entre un motor de 9 terminales y uno de 12 terminales

11. Comentarios y sugerencias



III.- INSTALACIONES ELÉCTRICAS TRIFÁSICAS

HISTORIA DE LOS CIRCUITOS TRIFÁSICOS

Nikola Tesla, un inventor Serbio-Americano fue quien descubrió el principio del campo magnético rotatorio en 1882, el cual es la base de la maquinaria de corriente alterna.

Él inventó el sistema de motores y generadores de corriente alterna polifásica que da energía al planeta. Sin sus inventos el día de hoy no sería posible la electrificación que impulsa al crecimiento de la industria y al desarrollo de las comunidades.



El descubrimiento del campo magnético rotatorio producido por las interacciones de corrientes de dos y tres fases en un motor fue uno de sus más grandes logros y fue la base para la creación de su motor de inducción y el sistema polifásico de generación y distribución de electricidad.

Gracias a esto, grandes cantidades de energía eléctrica pueden ser generadas y distribuidas eficientemente a lo largo de grandes distancias, desde las plantas generadoras hasta las poblaciones que alimentan. Aún en estos días se continúa utilizando la forma trifásica del sistema polifásico de Tesla para la transmisión de la electricidad, además la conversión de electricidad en energía mecánica es posible debido a versiones mejoradas de los motores trifásicos de Tesla.

En Mayo de 1885, George Westinghouse, cabeza de la compañía de electricidad Westinghouse compró las patentes del sistema polifásico de generadores, transformadores y motores de corriente alterna de Tesla.



En octubre de 1893 la comisión de las cataratas del Niágara otorgó a Westinghouse un contrato para construir la planta generadora en las cataratas, la cual sería alimentada por los primeros dos de diez generadores que Tesla diseñó. Dichos dinamos de 5000 caballos de fuerza fueron los más grandes construidos hasta el momento. General Electric registró algunas de las patentes de Tesla y recibió un contrato para construir 22 millas de líneas de transmisión hasta Buffalo. Para este proyecto se utilizó el sistema polifásico de Tesla. Los primeros tres generadores de corriente alterna en el Niágara fueron puestos en marcha el 16 de noviembre de 1896.

¿POR QUÉ SE USAN LOS CIRCUITOS TRIFÁSICOS?

La principal aplicación para los circuitos trifásicos se encuentra en la distribución de la energía eléctrica por parte de la compañía de luz a la población. Nikola Tesla probó que la mejor manera de producir, transmitir y consumir energía eléctrica era usando circuitos trifásicos.

Algunas de las razones por las que la energía trifásica es superior a la monofásica son:

La potencia en KVA (Kilo Volts Ampere) de un motor trifásico es aproximadamente 150 % mayor que la de un motor monofásico.



En un sistema trifásico balanceado los conductores necesitan ser el 75 % del tamaño que necesitarían para un sistema monofásico con la misma potencia en VA por lo que esto ayuda a disminuir los costos y por lo tanto a justificar el tercer cable requerido.

La potencia proporcionada por un sistema monofásico cae tres veces por ciclo. La potencia proporcionada por un sistema trifásico nunca cae a cero por lo que la potencia enviada a la carga es siempre la misma. Véase la figura 3.1.

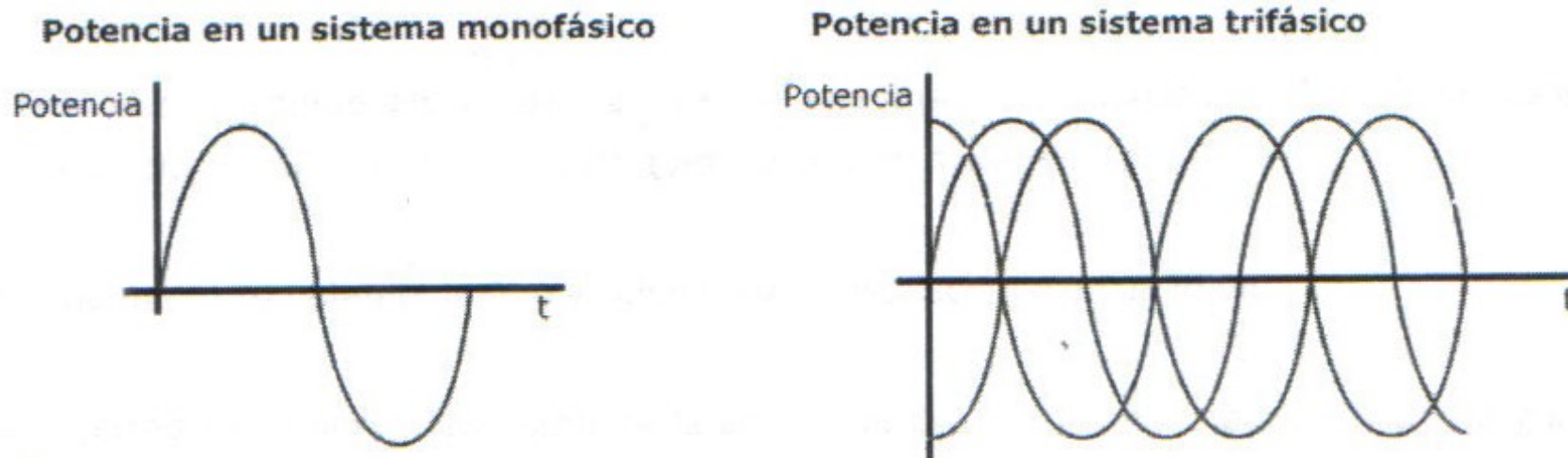
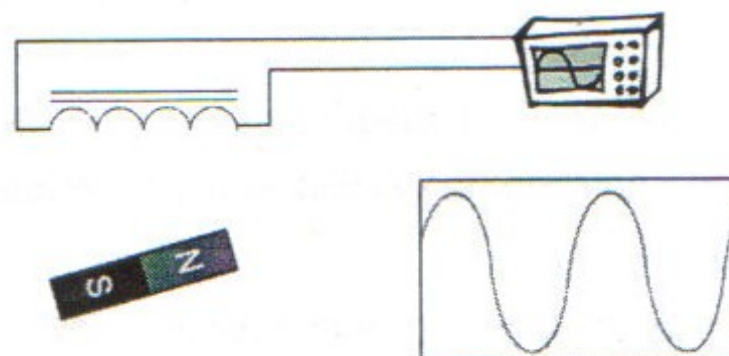


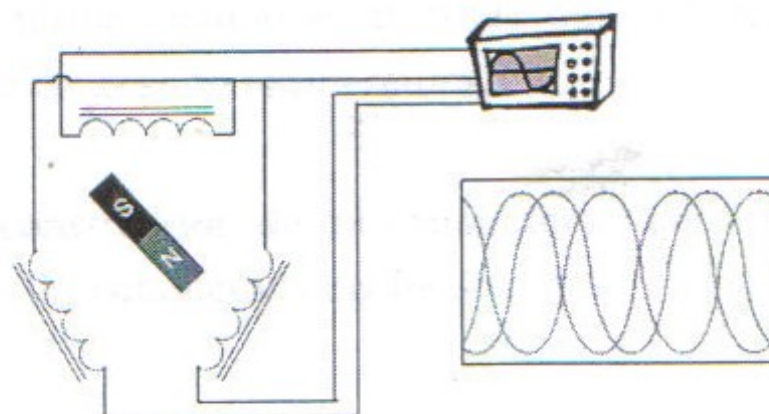
Figura 3.1.- Potencia proporcionada por los distintos sistemas.

¿CÓMO SE GENERA LA ENERGÍA TRIFÁSICA?

Si rotamos un campo magnético a través de una bobina entonces se produce un voltaje monofásico como se ve a continuación:



En cambio, si colocamos tres bobinas separadas por ángulos de 120° se estarán produciendo tres voltajes con una diferencia de fase de 120° cada uno.



DEFINICIONES DE TÉRMINOS EMPLEADOS EN INSTALACIONES ELÉCTRICAS

A prueba de. En general, se aplica al equipo (o instalación) diseñado o construido de tal modo que su buen funcionamiento no es afectado por la presencia del agente externo contra el cual se considera protegido y que debe mencionarse en cada caso. Esta definición se aplica, por ejemplo a los términos: "a prueba de agua", "a prueba de intemperie", "a prueba de lluvia", "a prueba de polvo", etc.

Abierto (aplicado a equipo eléctrico). Se dice de una máquina, aparato o dispositivo, construido sin protección especial de sus partes sometidas a potencial o en movimiento.

Accesorio. Elemento complementario o auxiliar en una instalación o en un equipo.

Accesible (aplicado a equipo). Que permite la aproximación de personas, porque no está guardado por puertas cerradas, o no está elevado o resguardado por otros medios.

Acometida (aérea o subterránea). Los conductores que ligan la red de distribución, del sistema de suministro, con el punto en que se conecta el servicio a la instalación de un usuario. Se le llama también línea de servicio.

Ajuste (de un interruptor automático). Valor de la corriente que determina su disparo.

Apagador. Interruptor pequeño, de acción rápida, operación manual y baja capacidad, que generalmente se usa para el control de aparatos pequeños domésticos y comerciales y unidades pequeñas de alumbrado.

Apartarrayos. Aparato o dispositivo que se emplea para proteger al equipo conectado a un circuito eléctrico, contra el efecto de ondas de sobretensión que se producen, tanto por descargas atmosféricas, directas o cercanas a circuitos aéreos, como por la operación de interruptores o por otras causas de disturbios en el propio circuito.

Automático. Que actúa por sí mismo cuando es afectado por una acción no personal, ya sea por una variación de intensidad de corriente, presión temperatura, etc.

Cable (aplicado a la forma de construcción de un conductor). Conductor formado por varios filamentos torcidos, con lo cual se obtiene un conductor más flexible que el alambre (conductor sólido) de sección equivalente.



Cable aislado. Conductor (generalmente formado por filamentos) o grupo de conductores, provisto cada uno de su propio aislamiento y envuelto el conjunto por una capa aislante y por una cubierta exterior protectora.

Canalización. El medio o los medios que se usan para alojar a los conductores de una instalación eléctrica y que son diseñados, contruidos y utilizados solamente para tal fin. Las canalizaciones pueden ser de metal o de cualquier otro material aprobado.

Carga eléctrica. Potencia que demanda, en un momento dado, un aparato o máquina o un conjunto de aparatos de utilización conectados a un circuito eléctrico. (La carga puede variar en el tiempo, dependiendo del tipo de servicio).

Carga conectada. La suma de las potencias nominales de las máquinas y aparatos que consumen energía eléctrica, conectados a un circuito o a un sistema.

Carga continua. Carga cuya corriente máxima se espera que se conserve durante 3 horas o más.

Circuito alimentador. Es el conjunto de los conductores y demás elementos de un circuito, en una instalación de utilización, que se encuentra entre el medio principal de desconexión de la instalación y los dispositivos de protección contra sobrecorriente de los circuitos derivados.

Circuito derivado. En una instalación de utilización, es el conjunto de los conductores y demás elementos de cada uno de los circuitos que se extienden desde los últimos dispositivos de protección contra sobrecorriente en donde termina el circuito alimentador, hasta las salidas de las cargas.

Los dispositivos de protección contra sobrecarga de motores, tales como relevadores térmicos y otros dispositivos semejantes, no deben considerarse como los últimos dispositivos de protección contra sobrecorriente a que se refiere el párrafo anterior.

Circuito derivado individual. Es un circuito derivado que alimenta a un solo equipo de utilización, como un motor o un aparato que, por su tamaño, requiere alimentación individual.

Circuito derivado multifilar. El compuesto de dos o más conductores activos con una diferencia de potencial entre sí y de un conductor más que esté puesto a tierra y que tenga la misma diferencia de potencial con respecto a cada uno de los conductores activos.

Conductor activo. Conductor de circuito que normalmente tiene una diferencia de potencial con respecto a tierra.



Conductor de puesta a tierra. El conductor que se usa para conectar a tierra, en el punto requerido, las cubiertas metálicas de los equipos, las canalizaciones metálicas y otras partes metálicas no portadoras de corriente. (Se le llama también conductor de conexión a tierra).

Controlador. Dispositivo o grupo de dispositivos que sirven para gobernar, en alguna forma predeterminada, la potencia eléctrica suministrada a los equipos, a los cuales están conectados.

Desconectador. Dispositivo destinado a abrir o cerrar en aire un circuito, solamente después de que se ha desconectado la carga por algún otro medio, pero que puede tener potencial aplicado en el momento de su operación.

Ducto. Canalización sencilla, cerrada, de cualquier forma de sección. Este término se aplica a algunos tipos especiales de canalización y tiene "un uso particular en el caso de líneas subterráneas.

Electrodo de tierra. Una o más partes conductoras (generalmente varillas, tubos o placas), enterradas en el suelo, con el propósito de hacer contacto eléctrico firme con la masa general de la tierra en el lugar.

Equipo Eléctrico. Término general que comprende aparatos, máquinas, dispositivos, etc., que se usan en instalaciones eléctricas, para generación conversión, transformación o utilización de energía eléctrica, incluyendo instrumentos de medición, dispositivos de protección y aparatos accesorios.

Hermético a. (aplicado a equipo eléctrico). Construido de tal modo que el agente externo de que trata (y que en cada caso debe mencionarse) no puede penetrar a la caja que protege al equipo.

Instalación eléctrica. Cualquier combinación de equipo eléctrico que se encuentra interconectado, incluyendo los conductores y demás elementos de interconexión y accesorios, dentro de un espacio o localización determinados.

Instalación oculta. La que tiene canalización embutida en muros, techos, pisos, etc., o dentro de éstos, en forma que no sea visible.

Instalación visible. Instalación en línea abierta o en canalización colocada en forma que sea visible.

Interruptor. Dispositivo que puede abrir un circuito eléctrico, cuando circula corriente, con un valor hasta el de la capacidad del mismo dispositivo, sin sufrir daño alguno.

Interruptor automático. Interruptor que abre automáticamente por una sobrecorriente en el circuito, incluyendo condiciones de cortocircuito en el mismo, pudiendo ser también operado a voluntad.



Interruptor de fuga a tierra. Dispositivo cuya función es interrumpir el circuito cuando una corriente de falla tierra excede determinado valor, que es apreciablemente menor que el requerido para que opere el dispositivo de protección contra sobrecorriente del propio circuito. El objeto primordial del uso de este tipo de interruptor es contar con una protección contra choques eléctricos debido a corrientes de fuga a tierra en circuitos o equipos defectuosos.

Línea aérea. Es aquella que está constituida por conductores desnudos o aislados, tendidos en el exterior de edificios o en espacios abiertos y que están soportados por estructuras o postes, con los accesorios necesarios para la fijación, separación y aislamiento de los mismos conductores.

Línea subterránea. Es aquella que está constituida por uno o varios cables aislados que forman parte de un circuito eléctrico o de comunicación, colocados bajo el nivel del suelo, ya sea directamente enterrado, en ductos o con cualquier otro medio de protección mecánica.

Lugar de condiciones corrosivas. Se incluyen en esta designación los lugares húmedos o mojados; lugares situados en zonas costeras (hasta aproximadamente 50 kilómetros tierra adentro) los lugares donde existen gases, vapores o polvos de productos químicos, ácidos o alcalinos y lugares similares.

Lugar peligroso. Área o local en donde las instalaciones y el equipo eléctricos quedan expuestos a las condiciones de peligro que se originan por la existencia y concentración, en la atmósfera de los mismos lugares, de gases, vapores, líquidos volátiles, polvos o pelusas combustibles e inflamables.

Luminario. Es un aparato que distribuye, filtra o controla la luz emitida por una o varias lámparas, el cual incluye todos los accesorios necesarios para la fijación, protección y funcionamiento de dichas lámparas.

Materiales eléctricos. Componentes de una instalación eléctrica tales como conductores, canalizaciones, cajas de conexión y otros que individualmente no constituyen un equipo eléctrico.

Medio de desconexión. Dispositivo o grupo de dispositivos por medio de los cuales los conductores de un circuito pueden desconectarse, a voluntad, de su fuente de suministro.

Motor Completamente cerrado. El que, sin ser necesariamente hermético, está cubierto en forma de que se restrinja efectivamente el paso del aire del exterior al interior o viceversa.

Pararrayos de edificios (o de estructuras). Dispositivo de protección contra descargas atmosféricas, que constituye un medio de conducir a tierra las descargas que inciden directamente sobre los puntos más elevados de un edificio o de una estructura de cualquier tipo.



Puesta a tierra (o conexión a tierra). Acción y efecto de conectar a tierra efectivamente a ciertos elementos de un equipo o de un circuito en la forma y por los métodos establecidos en estas Normas Técnicas.

Salida. En una instalación de utilización, caja de conexiones de la cual se toma la alimentación para un o varias cargas eléctricas determinadas, tales como las de luminarios, motores, contactos, etc.

Servicios o tipo de trabajo (de una máquina o aparato). Se refiere a los regímenes de carga a los cuales está sometida una máquina o aparato con su duración respectiva y su orden de sucesión en el tiempo.

Sistemas de tierras. Conjunto de conductores, electrodos, accesorios, etc., que, interconectados eficazmente entre sí, tienen por objeto conectar a tierra las cubiertas y otras partes metálicas de los equipos eléctricos, así como aquellos elementos de los circuitos que lo requieran.

Sobrecarga. Condición de operación de un equipo en la que se demanda una potencia en exceso de la nominal, o de un conductor por el cual circula una corriente en exceso de su valor permisible, cuando dicha condición persiste durante suficiente tiempo para causar daños o sobrecalentamientos perjudiciales. Una sobrecarga no incluye condiciones de cortocircuito o fallas a tierra.

Sobrecorriente (aplicado a un equipo o a un conductor). Cualquier valor de corriente que exceda a la corriente nominal de un equipo o a la corriente permisible en un conductor, según el caso. Puede resultar de una sobrecarga, de un corto circuito o de una falla a tierra.

Tensión nominal (de un circuito o sistema). Valor que se un circuito o a un sistema para designar convenientemente su tensión.

La tensión real a la cual opera un circuito puede variar, con respecto al valor nominal, dentro de ciertos límites que corresponden a la operación satisfactoria del equipo.



ACOMETIDAS TRIFÁSICAS

Acometida: Son los conductores que ligan la red de distribución del sistema de suministro, con el punto en que se conecta el servicio a la instalación del usuario. Se le llama también línea de servicio.

El usuario contrata a un electricista para que realice la preparación para recibir una línea de servicio o acometida y consiste en la instalación de todos los accesorios y dispositivos necesarios, la compañía suministradora en este caso CFE es la encargada de establecer los requisitos para suministrar una línea de servicio.

Las acometidas o líneas de servicio que se utilizan en instalaciones eléctricas son tres:

1. Sistema Monofásico, formado por una fase y un neutro.
2. Sistema Bifásico, formado por dos hilos de fase y un neutro, también se conoce como monofásico a tres hilos.
3. Sistema Trifásico, formado por tres hilos de fase y un neutro.

Los voltajes utilizados en la zona urbana es de 127 volts y 220 volts, a nivel industrial los voltajes varían según las necesidades de cada industria los voltajes más comunes son, 254 volts y 440 volts, 277 volts y 480 volts.

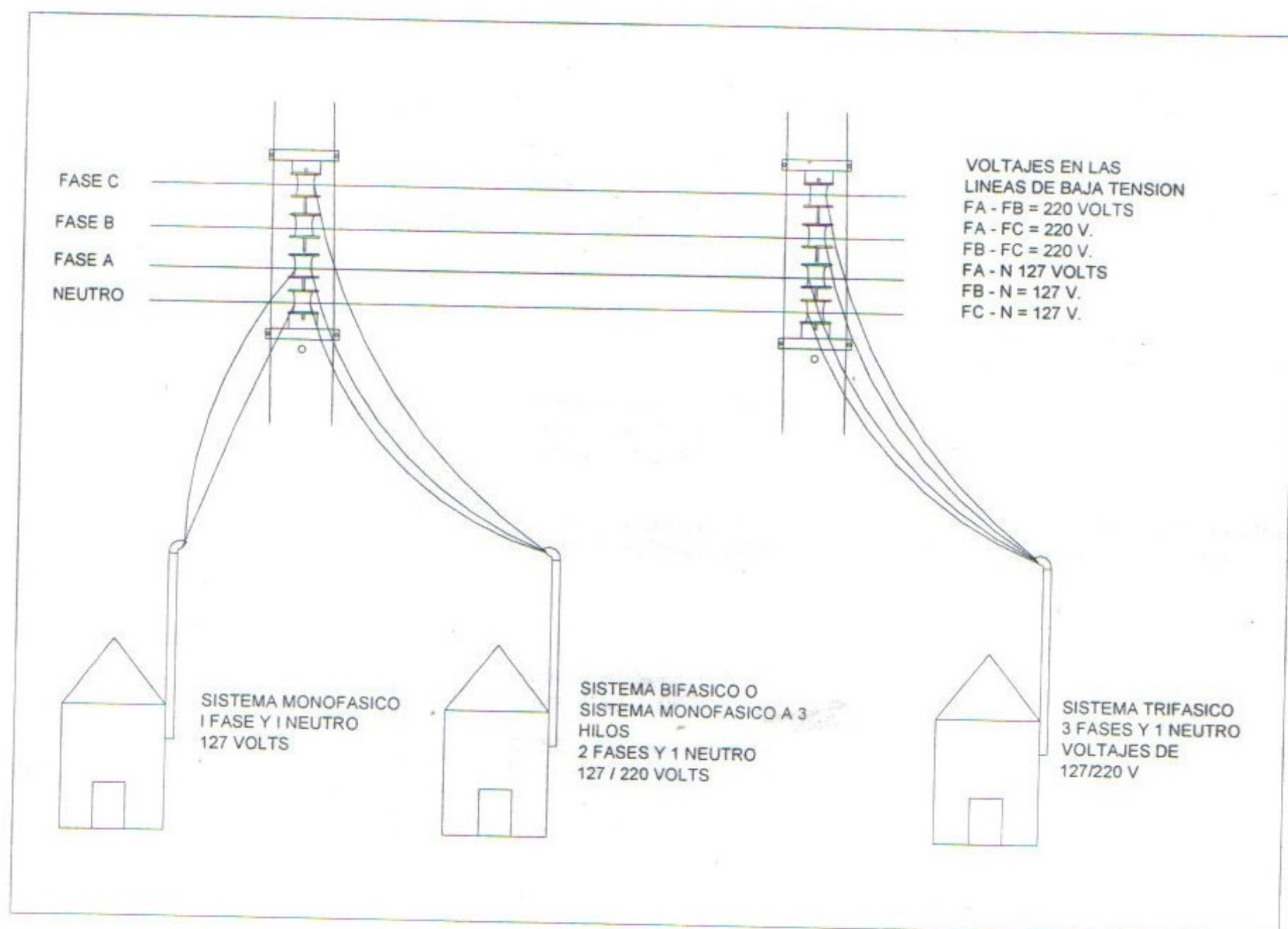
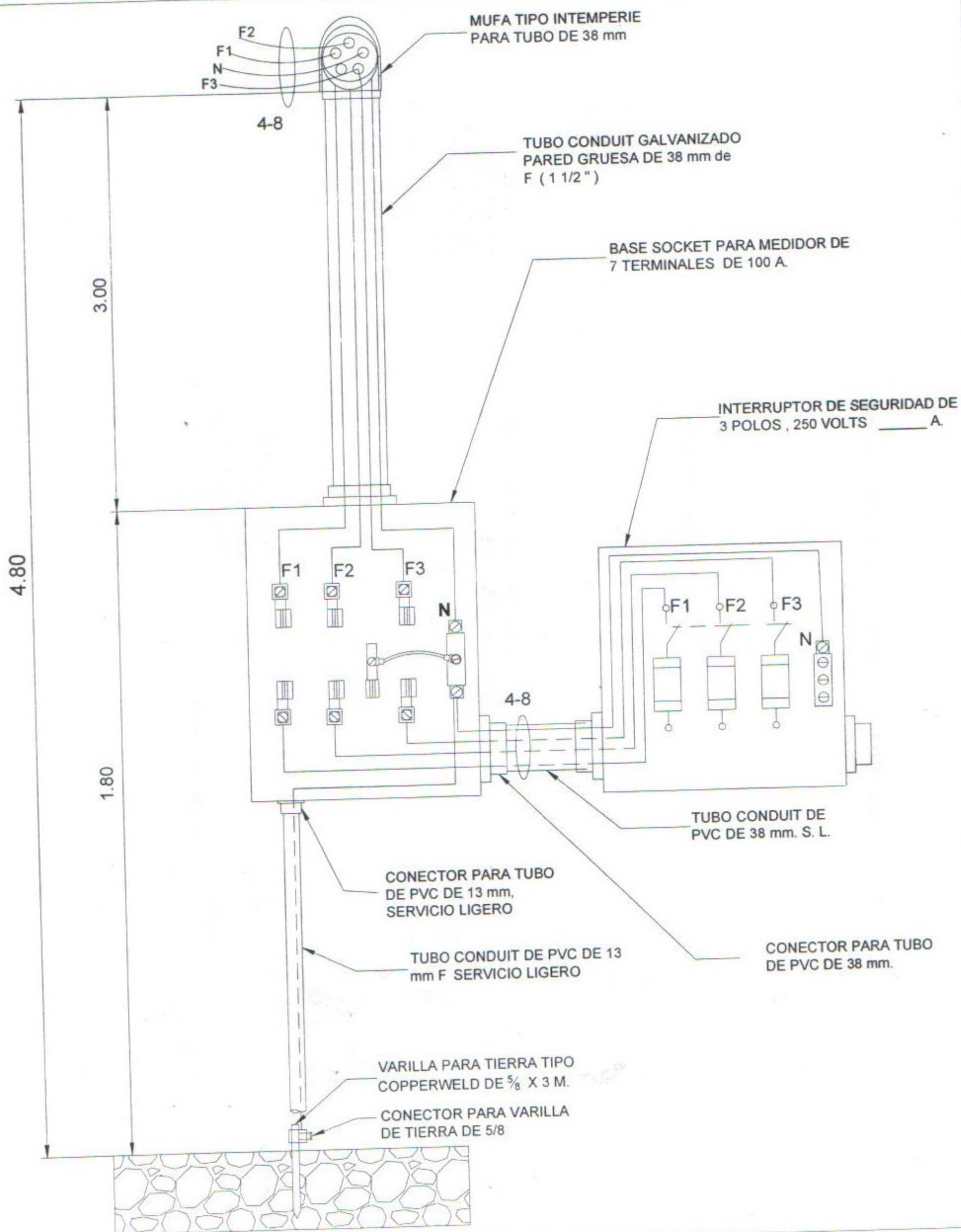


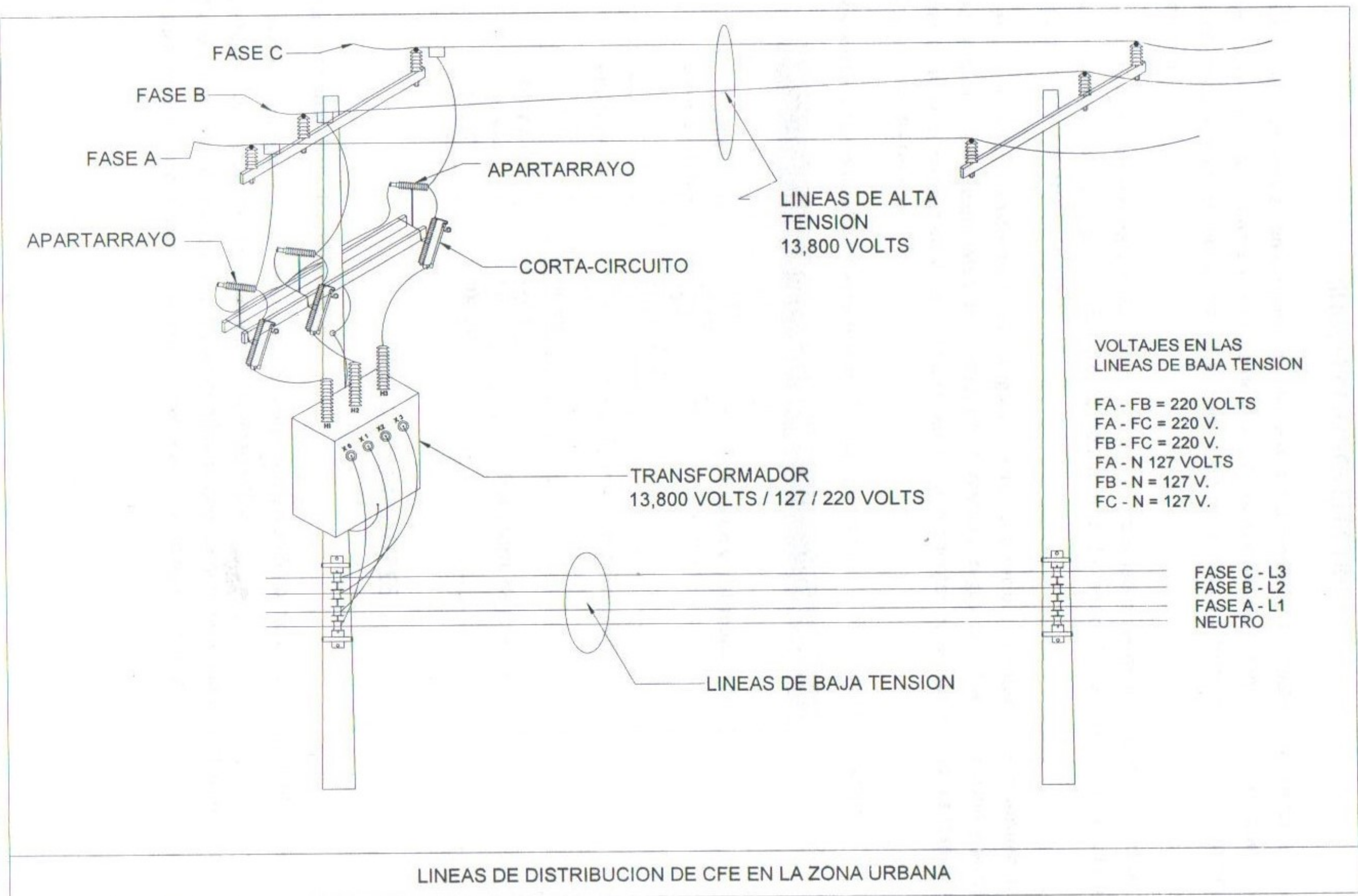
Figura 3.2.- Acometidas en la zona urbana.





PREPARACION PARA UNA ACOMETIDA TRIFASICA 220 / 127VOLTS (3F - 4H)





SUBESTACIONES ELÉCTRICAS

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

También se define a aquella instalación compuesta por los adecuados elementos de mando, corte, medida, regulación, transformación y protección; y cuya misión es la de reducir los valores de muy alta tensión a valores aptos para la distribución eléctrica.

¿Qué es una estación transformadora?: al igual que la subestación, la estación transformadora es una instalación formada por elementos de mando, corte, medida, regulación, transformación y protección; y cuya misión es la de reducir los valores de alta tensión procedentes de las subestaciones transformadoras en valores de media tensión.

¿Cuáles son los valores de alta y media tensión?: en la siguiente tabla se resume esta cuestión.

TIPO	VALOR	USO
Media tensión (MT)	3 kV	Producción y distribución de energía
	6 kV	
	10 kV	
	15 kV	
	20 kV	
Alta tensión (AT)	30 kV	Transporte y distribución de energía
	45 kV	
	66 kV	
Muy alta tensión (MAT)	132 kV	Transporte de energía
	230 kV	
	400 kV	

TRANSFORMADORES

Un transformador es un dispositivo que:

- Transfiere energía eléctrica de un circuito a otro conservando la frecuencia constante.
- Lo hace bajo el principio de inducción electromagnética.
- Tiene circuitos eléctricos que están eslabonados magnéticamente y aislados eléctricamente.
- Usualmente lo hace con un cambio de voltaje, aunque esto no es necesario.



CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

Los transformadores se construyen con las más diversas características, que dependen del tipo de carga que se alimenta y también del ambiente donde se pretende instalarlos. De hecho, hay un buen número de fábricas que elaboran transformadores de distribución y de fuerza con procesos de fabricación muy similares, aún cuando tienen algunas diferencias por los recursos técnicos de que disponen en cada caso. Las características constructivas se derivan a partir de las componentes básicas que constituyen al transformador, que son el núcleo y las bobinas (circuito magnético).

Las formas constructivas de los transformadores se pueden agrupar como sigue:

EN CUANTO AL NÚMERO DE FASES

Considerando sólo los transformadores de distribución y de fuerza (potencia), se pueden construir, en cuanto al número de fases, de acuerdo con las características de la carga que se alimente, los siguientes tipos:

a) Transformadores de una sola boquilla

Son aquellos contruidos para ser instalados en redes de distribución rural caracterizadas por tener un sólo conductor con retorno por tierra, éstos son transformadores con una sola boquilla en el primario y una en el secundario, aún cuando eventualmente pueden tener más de una boquilla en el secundario, su potencia nominal no excede a los 15 kVA. Por lo general operan en la clase de tensión de 15 kV, que puede corresponder a una tensión nominal de 13.8 kV.

Estos transformadores se usan para alimentar cargas rurales monofásicas de pequeña capacidad con tensiones normalizadas, como por ejemplo: $13.8/\sqrt{3}$ kV en el primario y 220 V ó 127 V en el secundario.

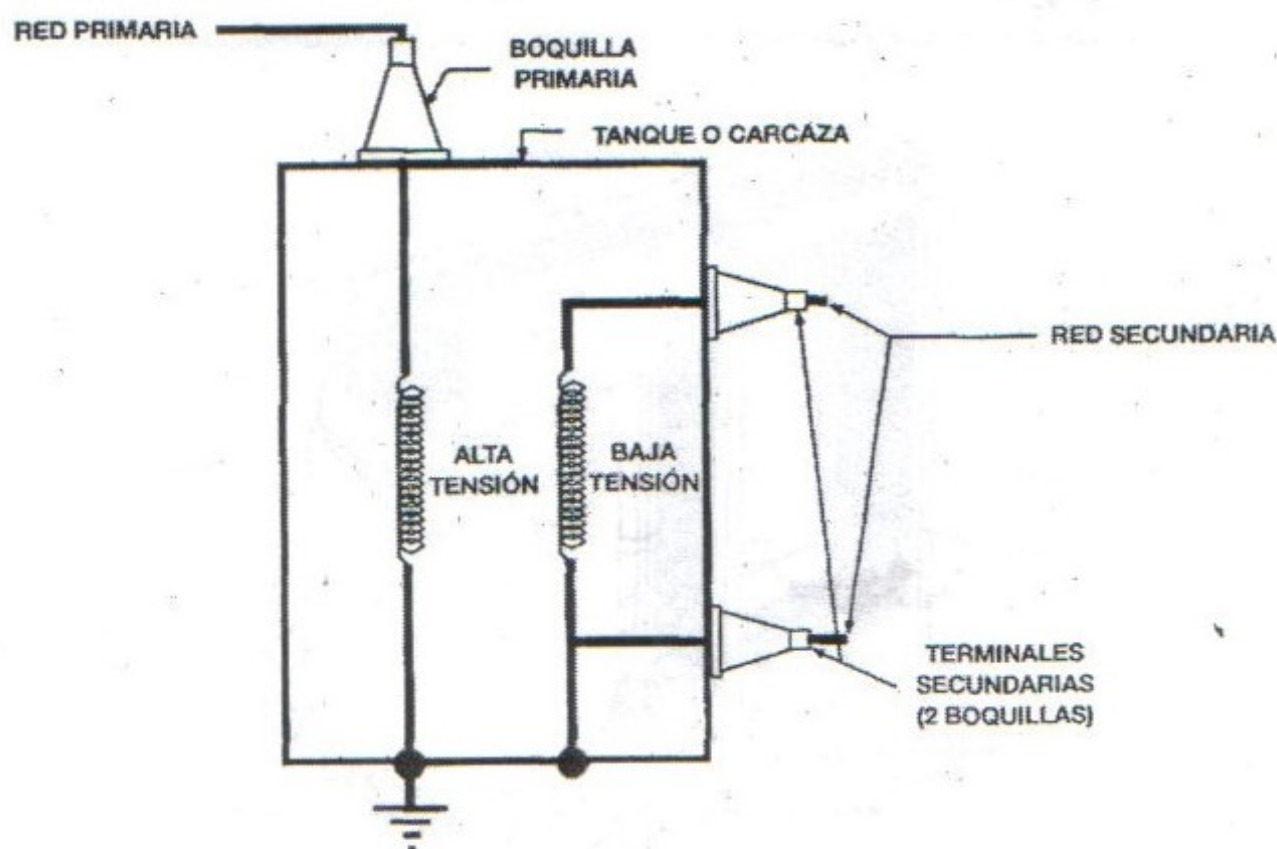


DIAGRAMA DE UN TRANSFORMADOR DE UNA BOQUILLA



b) Transformadores bifásicos

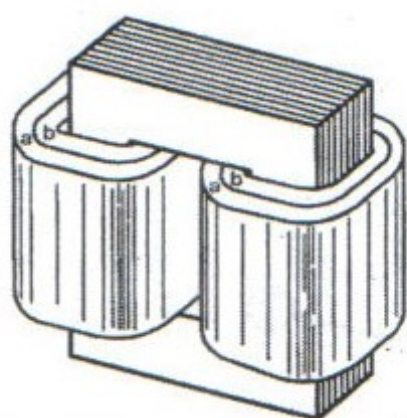
Son aquellos contruidos para operar en forma individual en redes de distribución rurales principalmente o formando bancos en subestaciones tipo poste o tipo cabina; cuando operan aislados generalmente alimentan cargas monofásicas, y cuando operan en banco alimentan cargas trifásicas.

c) Transformadores trifásicos

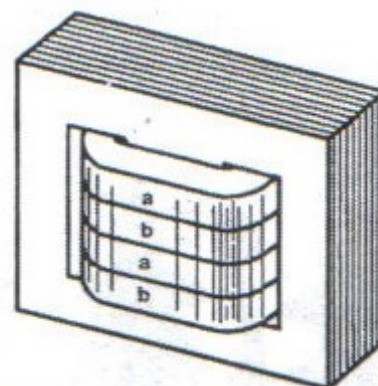
Este es el tipo de transformador normalmente más usado en los sistemas de distribución y transmisión de las compañías suministradoras y también en las instalaciones industriales.

Están contruidos por un núcleo de láminas de acero empacadas, con columnas envueltas por un conjunto de bobinas normalmente de conductores de cobre que forman los devanados primario y secundario, dando una estructura fija a base de herrajes que sujetan al conjunto de láminas, esto constituye el núcleo. Todo este conjunto se coloca dentro de un tanque con boquillas externas para conexión a la red eléctrica.

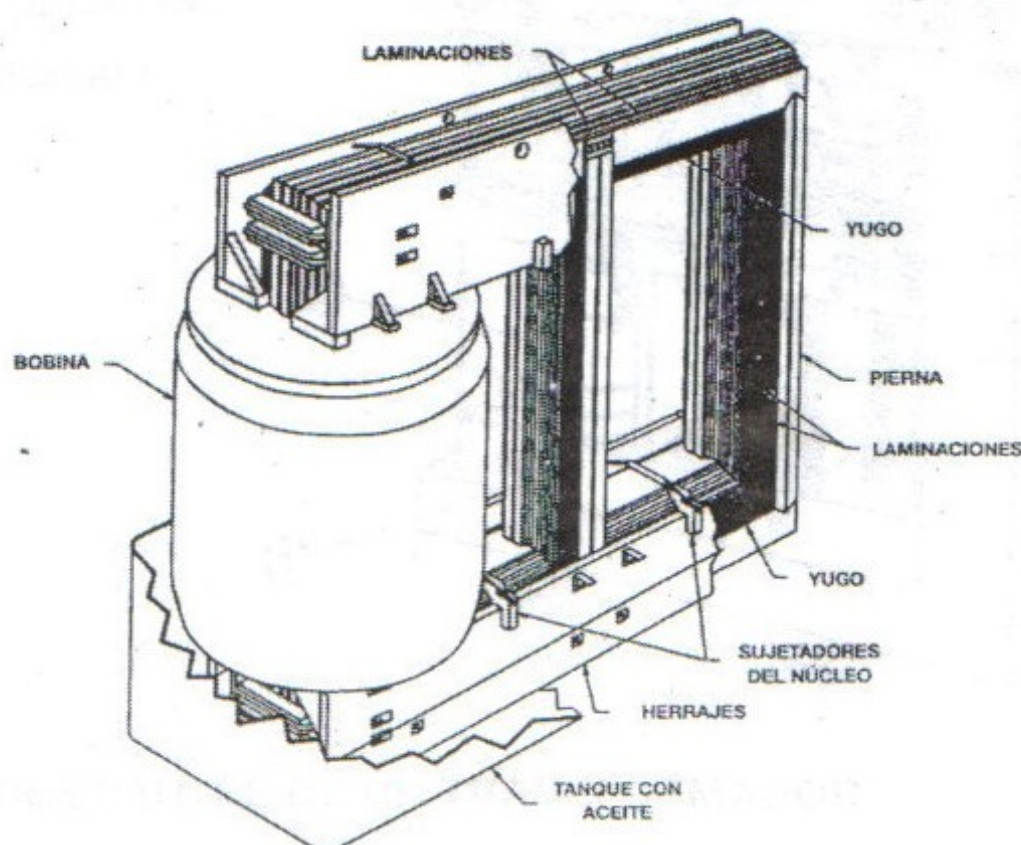
En general, los diseños de los núcleos de transformadores pueden denominarse tipo columna o tipo acorazado.



TRANSFORMADOR DE TIPO COLUMNA

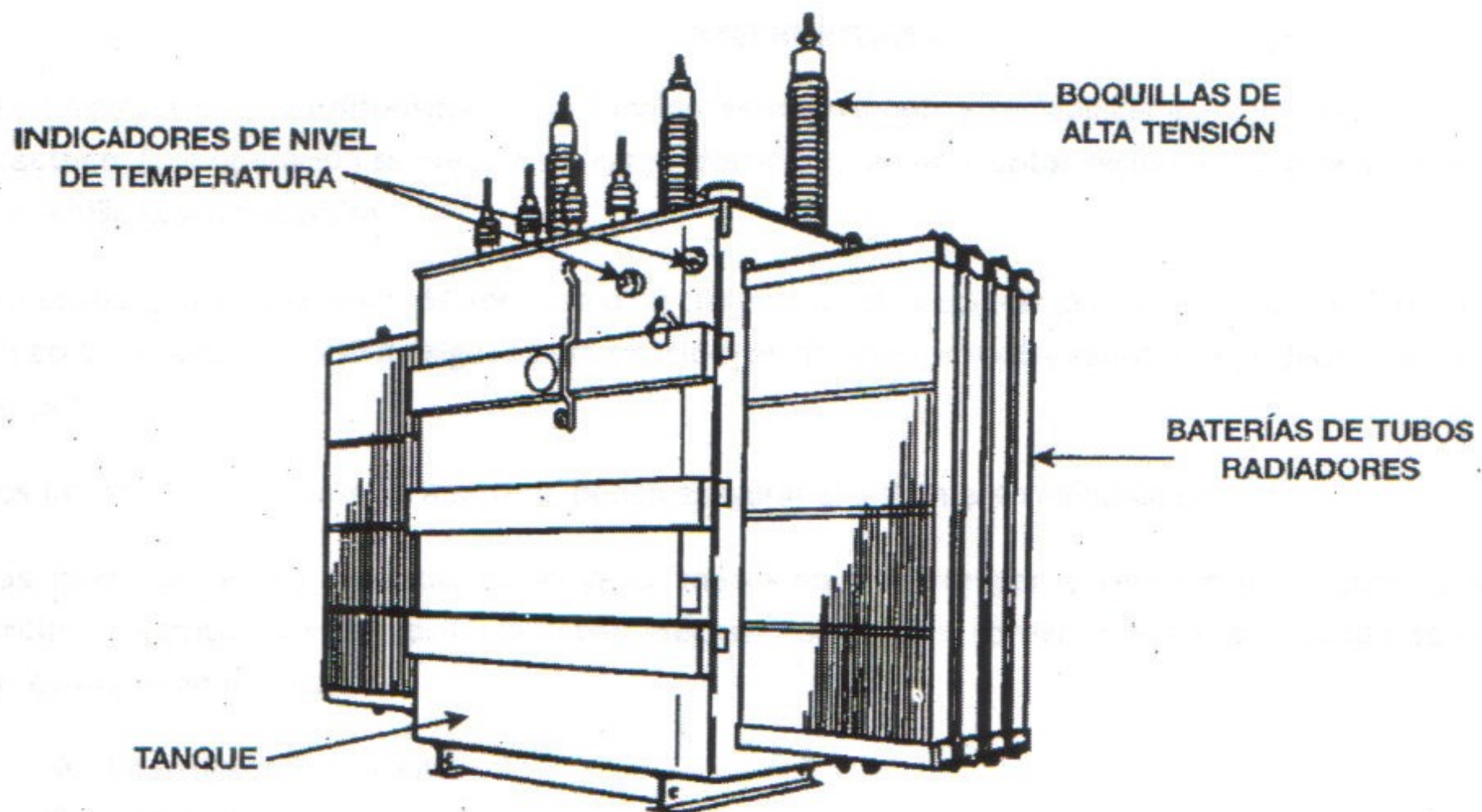


TRANSFORMADOR DE TIPO ACORAZADO

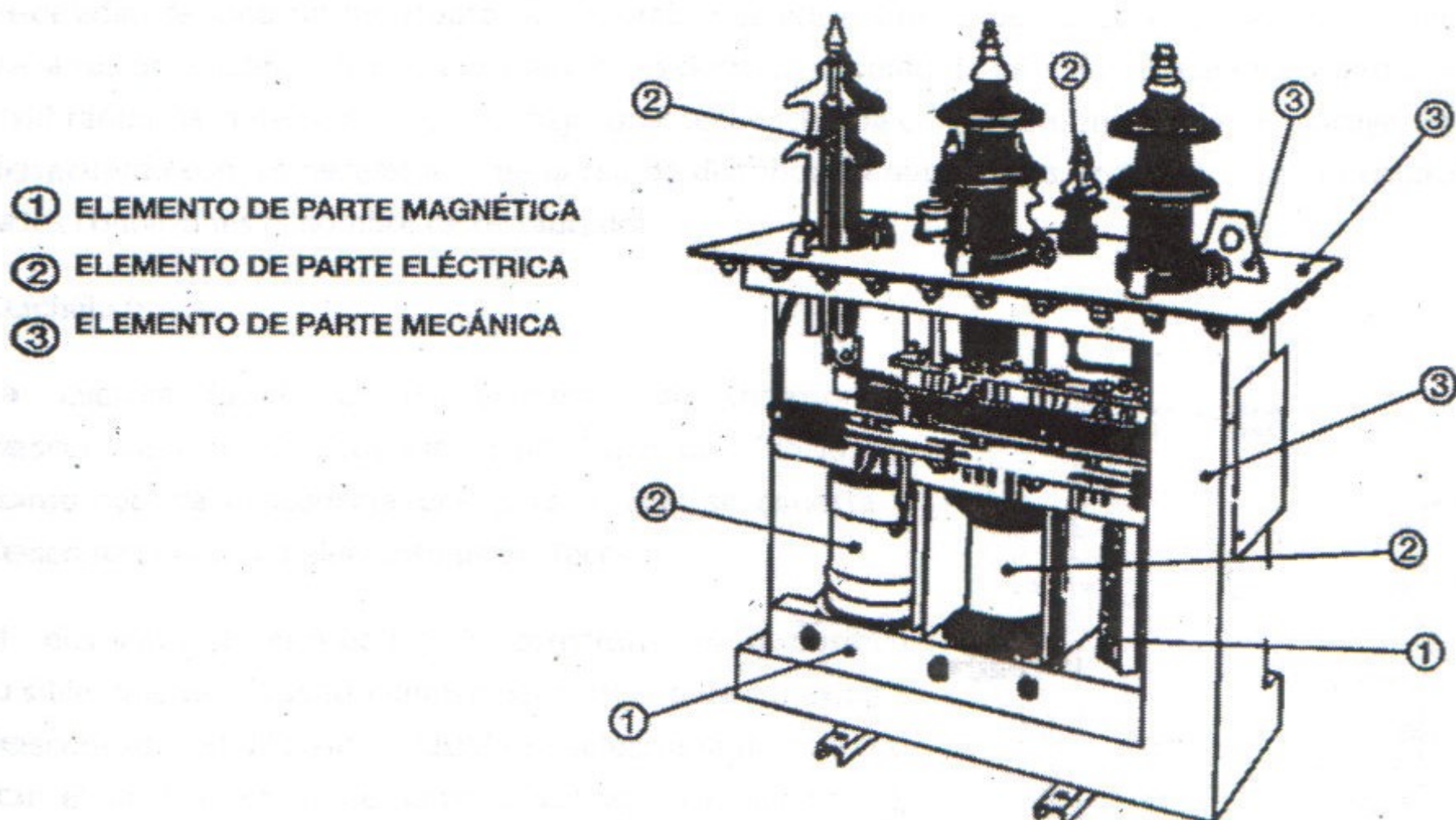


NÚCLEO DE TRANSFORMADOR DE ALTA TENSIÓN





TRANSFORMADORES DE POTENCIA



LAS TRES PARTES DE UN TRANSFORMADOR



INTERRUPTORES

Un interruptor es un dispositivo cuya función es interrumpir y restablecer la continuidad en un circuito eléctrico. Si la operación se efectúa sin carga (corriente), el interruptor recibe el nombre de desconectador o cuchilla desconectadora.

Sin embargo si la operación de apertura o de cierre la efectúa con carga (corriente nominal) o con corriente de corto circuito (en caso de alguna perturbación) el interruptor recibe el nombre de disyuntor o interruptor de potencia.

Los interruptores en caso de apertura, deben asegurar el aislamiento eléctrico del circuito.

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

- ❖ Interruptores de aceite.
- ❖ Interruptores neumáticos.

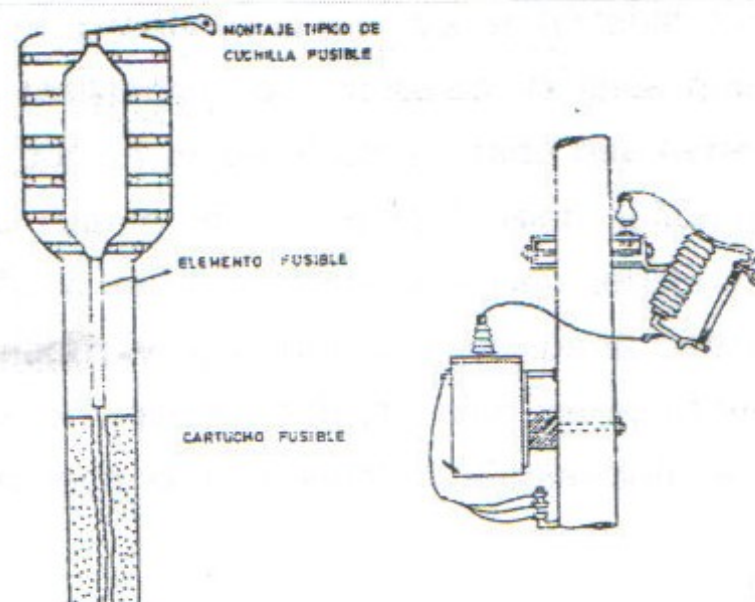
Restauradores

En los sistemas de distribución, además del problema de la protección de los equipos eléctricos, se representan el de la "continuidad" del servicio, es decir la protección que se planea en las redes de distribución se hace pensando en los dos factores mencionados anteriormente. Para satisfacer esta necesidad se ideó un interruptor de operaciones automático que no necesita de accionamiento manual para sus operaciones de cierre o apertura es decir, construido de tal manera que un disparo o un cierre está calibrando de antemano y opera bajo una secuencia lógica predeterminada y constituye un interruptor de acuerdo con las necesidades de la red de distribución que se va a proteger. Este interruptor recibe por tales condiciones el nombre de restaurador.

Cuchilla fusible

La cuchilla fusible es un elemento de conexión y desconexión de circuitos eléctricos. Tiene dos funciones: como cuchilla desconectadora, para lo cual se conecta y desconecta, y como elemento de protección.

El elemento de protección lo constituye el dispositivo fusible, que se encuentra dentro del cartucho de conexión y desconexión. El dispositivo fusible se selecciona de acuerdo con el valor de corriente nominal que va a circular por él, pero los fabricantes tienen el correspondiente valor de corriente de ruptura para cualquier valor de corriente nominal.



Los elementos fusibles se construyen fundamentalmente de plata (en casos especiales), cobre electrolítico con aleación de plata, o cobre aleado con estaño.

Pararrayos

Las sobretensiones que se presentan en las instalaciones de un sistema pueden ser de dos tipos:

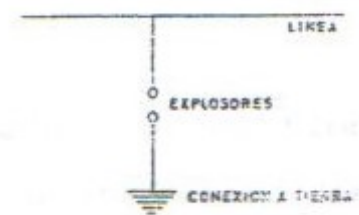
- ✓ Sobretensiones de tipo atmosférico.
- ✓ Sobretensiones por fallas en el sistema.

El pararrayos es un dispositivo que nos permite proteger las instalaciones contra sobretensiones de tipo atmosférico. Las ondas que se presentan durante una descarga atmosférica viajan a la velocidad de la luz y dañan al equipo si no se tiene protegido en forma correcta; para la protección del mismo se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

- Descargas directas sobre la instalación
- Descargas indirectas

De los casos anteriores el más interesante, por presentarse con mayor frecuencia, es el de las descargas indirectas.

El pararrayos opera cuando se presenta una sobretensión de determinada magnitud, descargando la corriente a tierra. Su principio general de operación se basa en la formación de un arco eléctrico entre dos explosores cuya operación está determinada de antemano de acuerdo a la tensión a la que va a operar.



Se fabrican diferentes tipos de pararrayos, basados en el principio general de operación, los más empleados son los conocidos como "pararrayos tipo autovalvular" y los "pararrayos de resistencia variable".

El pararrayos tipo autovalvular está constituido por un explosor y una resistencia en serie. El explosor está ajustado para que salte la descarga entre sus electrodos a cierta tensión denominada tensión de encendido del pararrayos, lo que establece la conexión con tierra a través de la resistencia. Después de la disminución del valor de la sobretensión, el explosor suprime la corriente de la red, que se restablece a la tensión de servicio pero cuya intensidad está limitada por la resistencia; por lo tanto, la línea queda nuevamente separada de tierra. La resistencia está constituida por un material aglomerado que tiene la propiedad de variar su resistencia con rapidez, disminuyendo cuanto mayor es la tensión aplicada y adquiriendo un valor elevado cuando esta tensión es reducida, o sea que tiene una característica de resistencia eléctrica muy adecuada para el funcionamiento del pararrayos, ya que a la tensión de servicio opone mucha resistencia al paso de la corriente mientras que, en caso de sobretensión, su resistencia eléctrica disminuye, permitiendo así la fácil descarga a tierra con la consiguiente eliminación de la sobretensión.



El explosor de un pararrayos tiene una doble misión: debe cebarse en caso de aparición de la sobretensión y, después, debe suprimir la corriente de fuga a su paso por cero, después del amortiguamiento de la onda de sobretensión.

El pararrayos de resistencia variable funda su principio de operación en el principio general, es decir, con dos explosores, y se conecta en serie a una resistencia variable. Se emplea en tensiones medianas y tiene mucha aceptación en el sistema de distribución.

La función del pararrayos no es eliminar las ondas de sobretensión presentadas durante las descargas atmosféricas, sino limitar su magnitud a valores que no sean perjudiciales para las máquinas del sistema.

Transformadores para instrumento

Se denominan transformadores para instrumento los que se emplean para alimentación de equipo de medición, control o protección. Los transformadores para instrumento se dividen en dos clases:

❖ Transformadores de corriente

Se conoce como transformador de corriente a aquél cuya función principal es cambiar el valor de la corriente de uno más o menos elevado a otro con el cual se pueda alimentar a instrumentos de medición, control o protección, como amperímetros, wattmetros, instrumentos registradores, relevadores de sobrecorriente, etc.

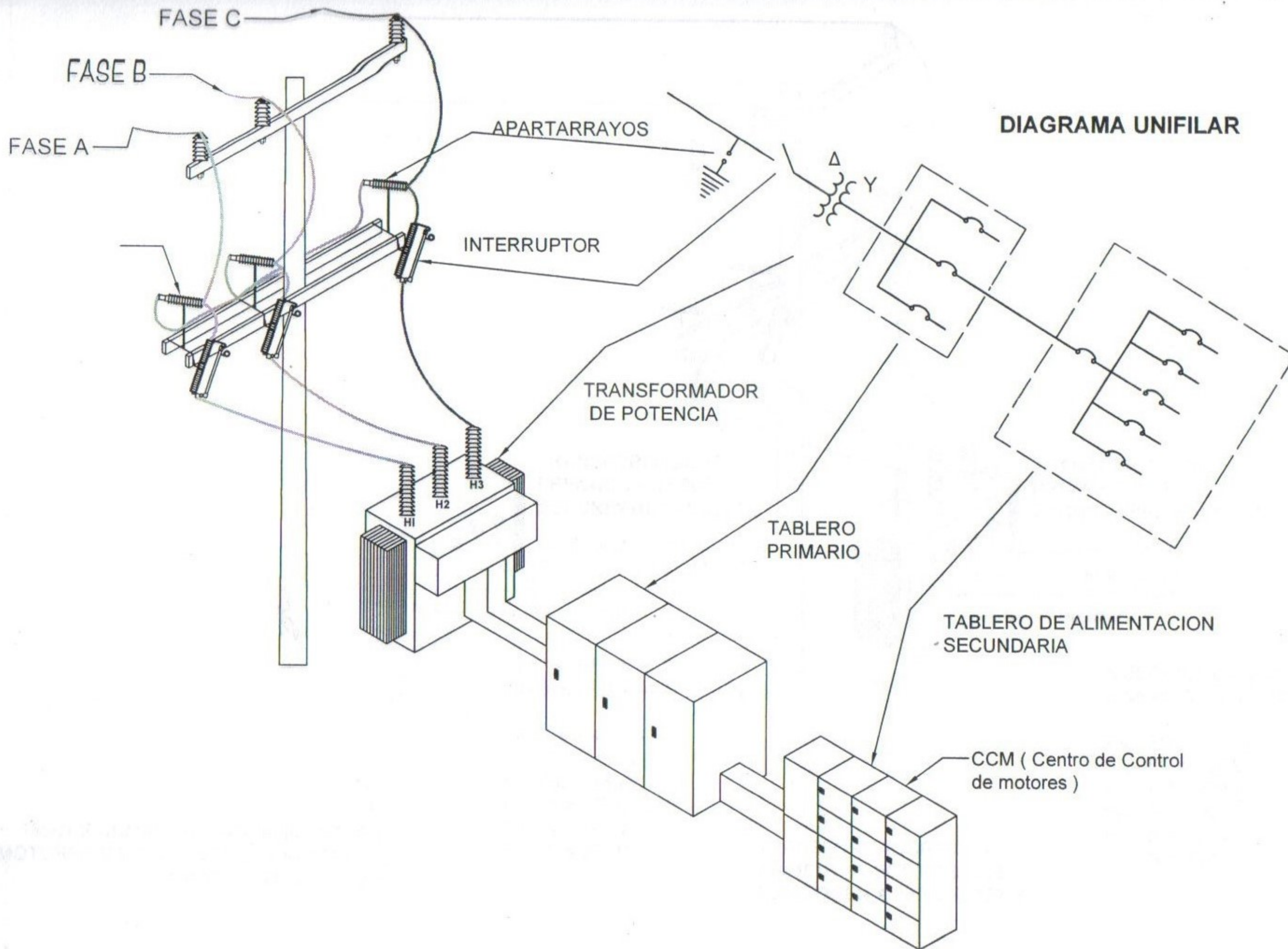
Su construcción es semejante a la de cualquier tipo de transformador, ya que fundamentalmente consiste de un devanado primario y un devanado secundario. La capacidad de estos transformadores es muy baja, se determina sumando las capacidades de los instrumentos que se van a alimentar, y puede ser 15, 30, 50, 60, y 70 VA.

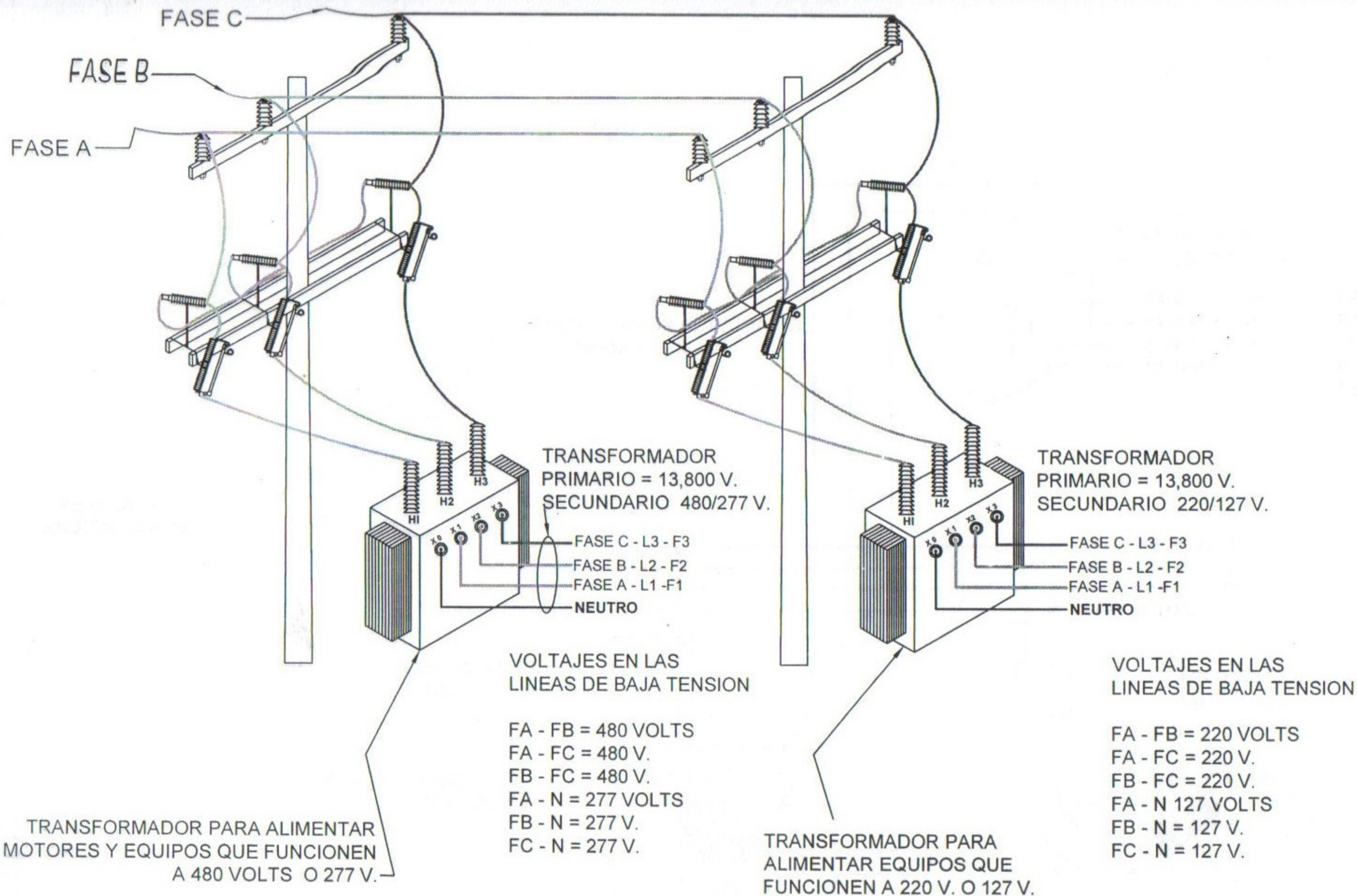
❖ Transformadores de potencial

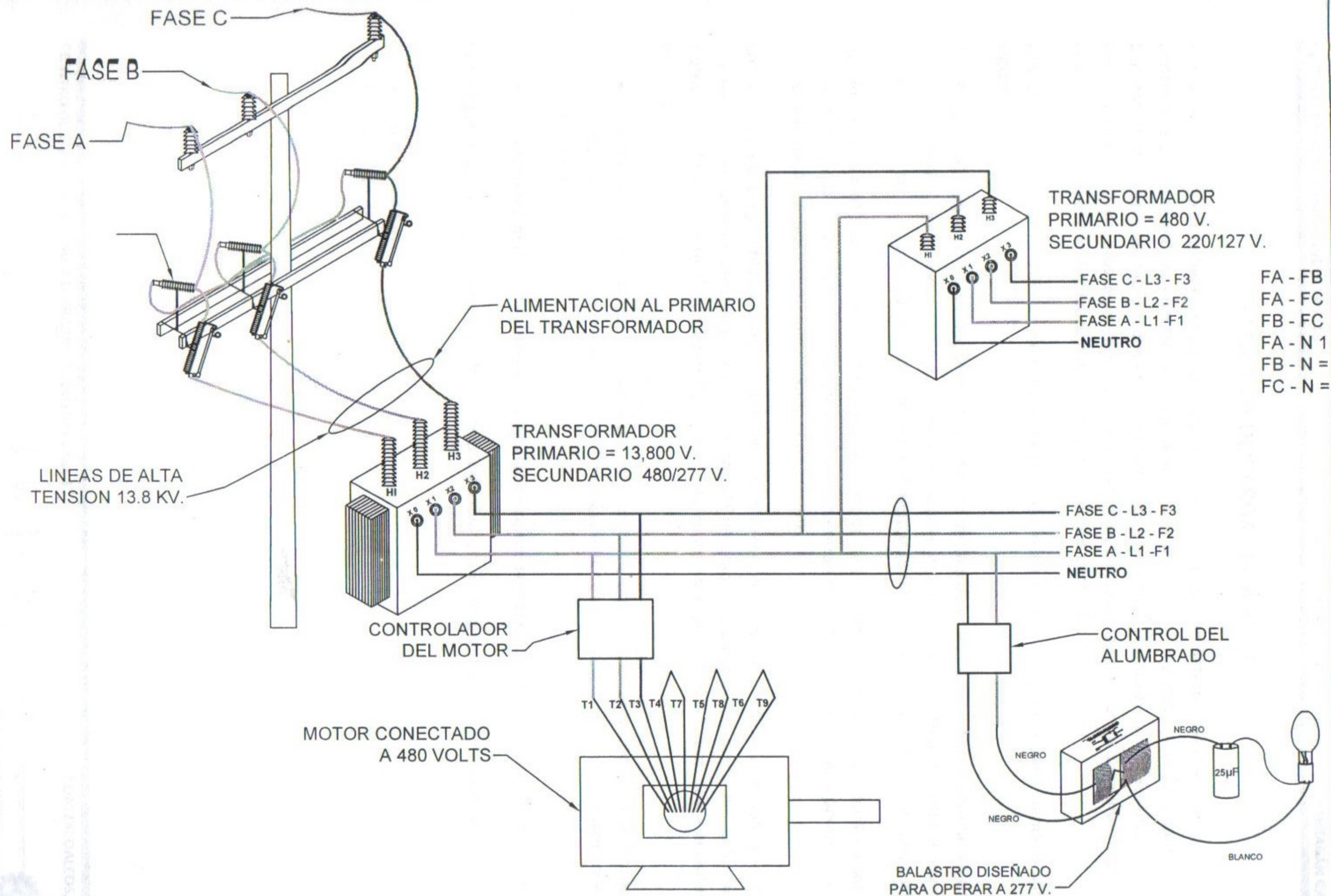
Se denomina transformador de potencial a aquél cuya función principal es transformar los valores de voltaje sin tomar en cuenta la corriente. Estos transformadores sirven para alimentar instrumentos de medición, control o protección que requieran señal de voltaje.

Los transformadores de potencial se construyen con un devanado primario y otro secundario; su capacidad es baja, ya que se determina sumando las capacidades de los instrumentos de medición, control o protección que se van a alimentar, y varían de 15 a 60 VA. Los aislamientos empleados son de muy buena calidad y son en general los mismos que se usan en la fabricación de los transformadores de corriente.









CENTROS DE CARGA TRIFÁSICOS

Por centro de carga se entiende el conjunto de elementos agrupados en determinado lugar desde donde se controla la alimentación de energía eléctrica de una instalación o de una zona (sección o rama). Puede tratarse de solamente un tablero que contenga todos los elementos, o también puede ser un conjunto de interruptores, instrumentos de medición y otros dispositivos colocados en un muro y que juntos desarrollen la función de controlar la distribución de la energía a circuitos derivados.

Los centros de carga se utilizan para dividir la instalación en circuitos, sus principales ventajas son las siguientes:

1. Reducen el calibre de los conductores.- Al dividir una instalaciones en partes o en circuitos la carga total de una instalación se divide en un determinados número de circuitos permitiendo con esto la reducción del calibre del conductor ya que no se requiere alimentar toda la carga si no que solamente una parte.
2. Reducen la parte que se desconecta en condiciones de falla.- Cuando se dispara un circuito solamente se desconecta los dispositivos o aparatos que se encuentran conectados a ese circuito, permitiendo que el resto de los equipos sigan funcionando normalmente.

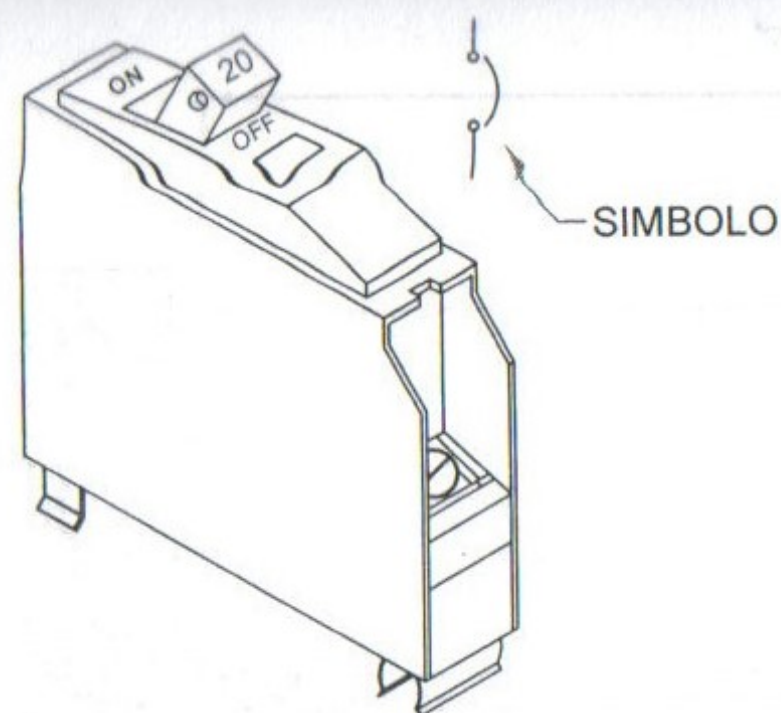
Los centros de carga utilizan como dispositivos de protección a los interruptores termomagnéticos o breaker y se encuentran disponibles en el mercado de un polo, dos polos y tres polos, dependiendo del número de fases que se desea controlar. Estos interruptores están formados por dos elementos de protección:

- Un elemento térmico que protege a las instalaciones y equipos de sobrecargas o sobrecorrientes pequeñas provocadas por el incremento de cargas o por una falla en el equipo y que demande más corriente.
- Un elemento magnético protege a la instalación contra cortos circuitos o sobrecorrientes elevadas.

Las cargas trifásicas más comunes son las del tipo inductivo, entre las que destacan las siguientes:

- Motores
- Transformadores
- Máquinas de Soldar





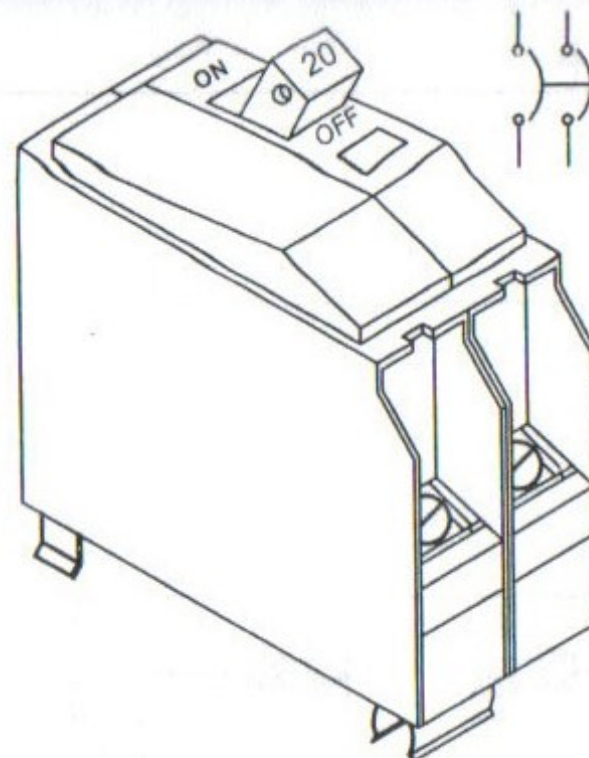
SIMBOLO

QO DE UN POLO
QO120

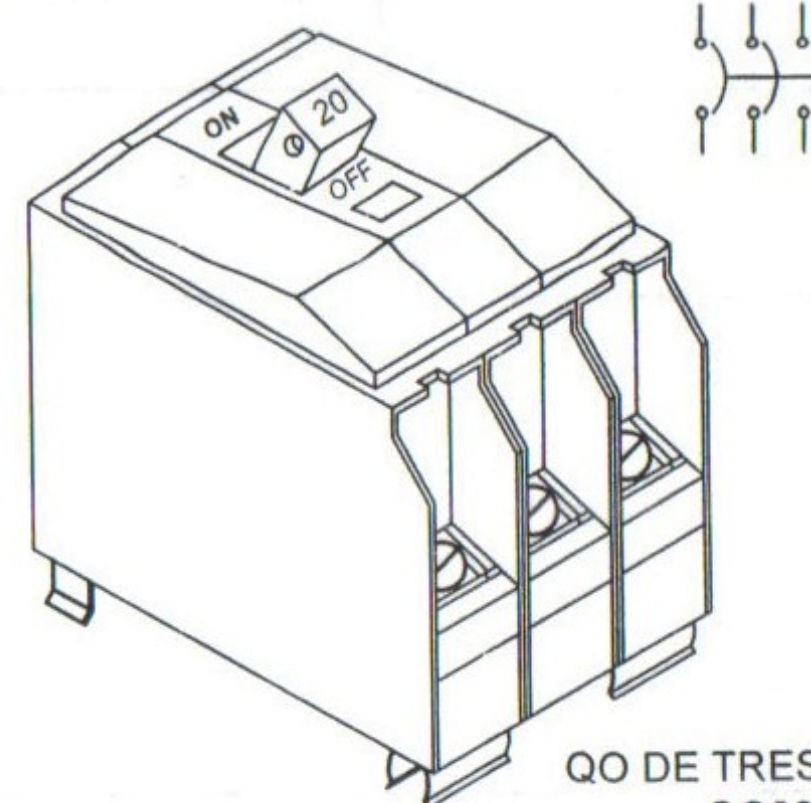
CAPACIDAD DEL INTERRUPTOR EN AMPERES

NUMERO DE POLOS

TIPO DE INTERRUPTOR



QO DE DOS POLOS
QO220



QO DE TRES POLOS
QO320

PARTES PRINCIPALES DE UN INTERRUPTOR
TERMOMAGNETICO

POSICION DEL INTERRUPTOR CERRADO(ENERGIZADO)

CAPACIDAD DEL INTERRUPTOR

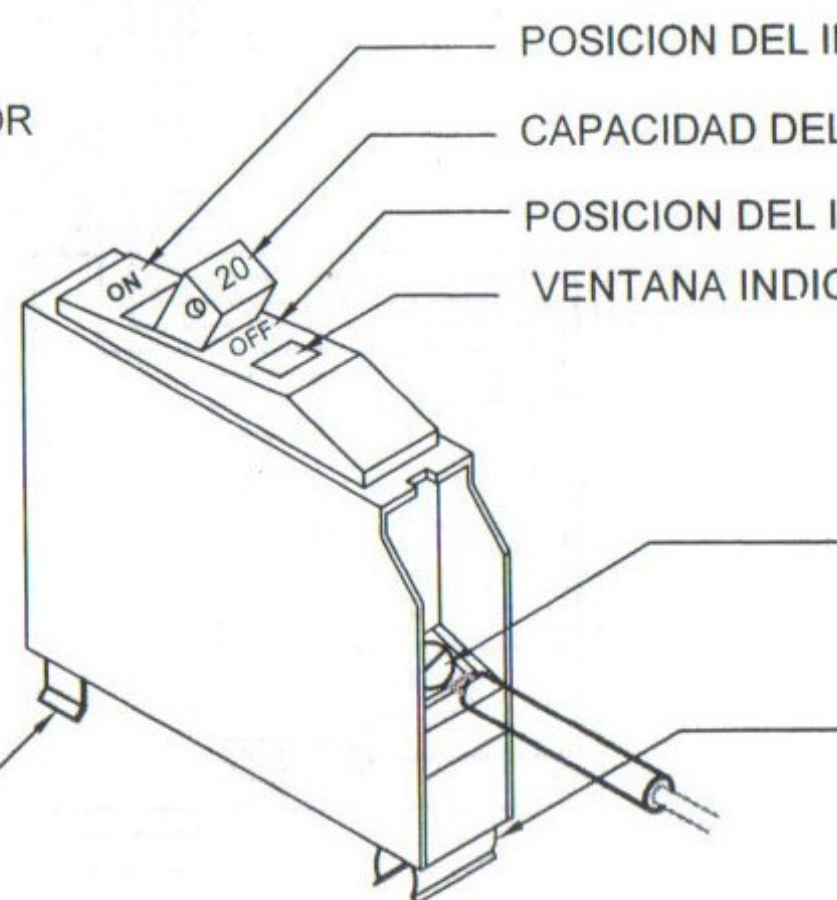
POSICION DEL INTERRUPTOR ABIERTO(DESENERGIZADO)

VENTANA INDICADORA DE DISPARO

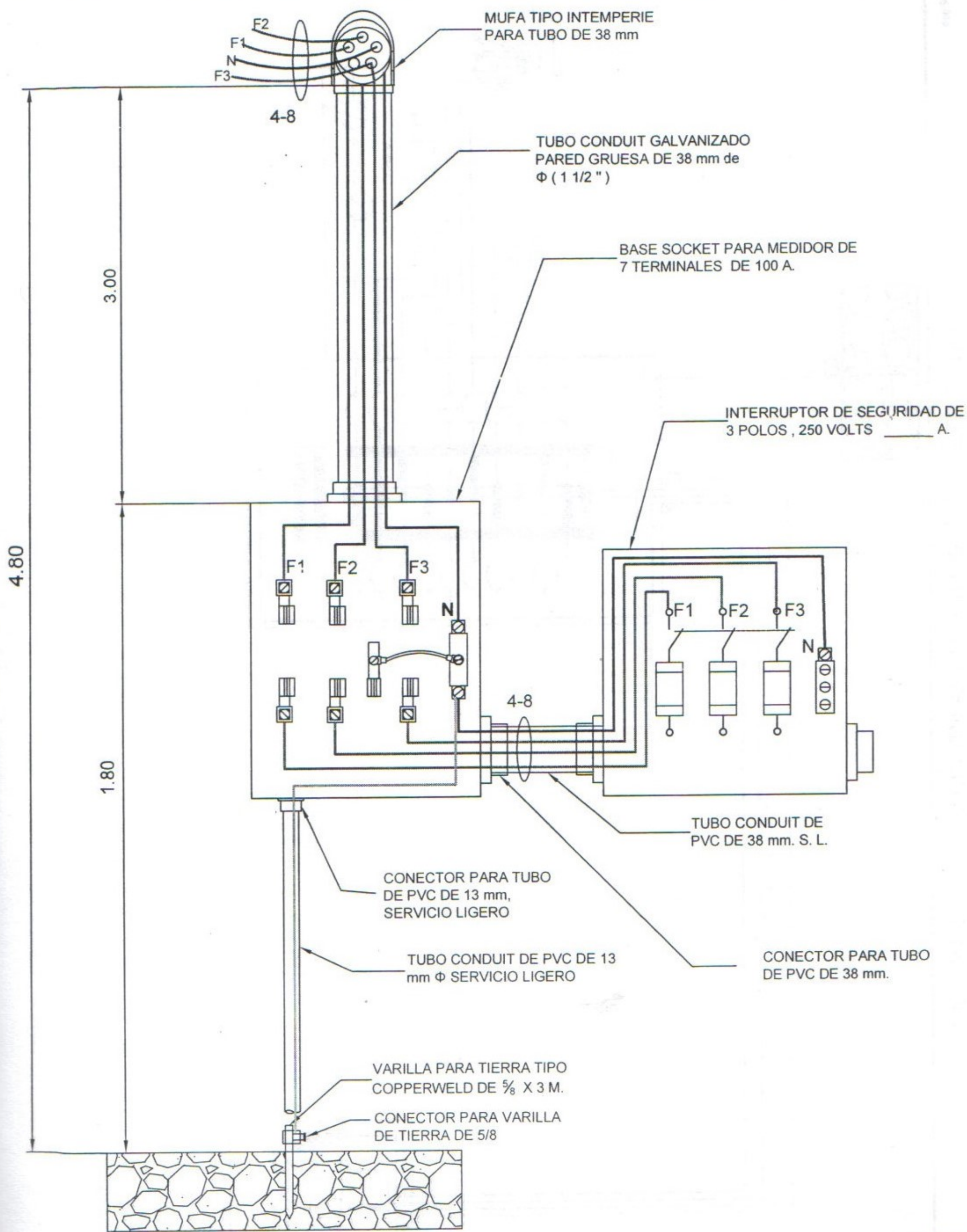
TERMINAL DE ALIMENTACION AL CIRCUITO

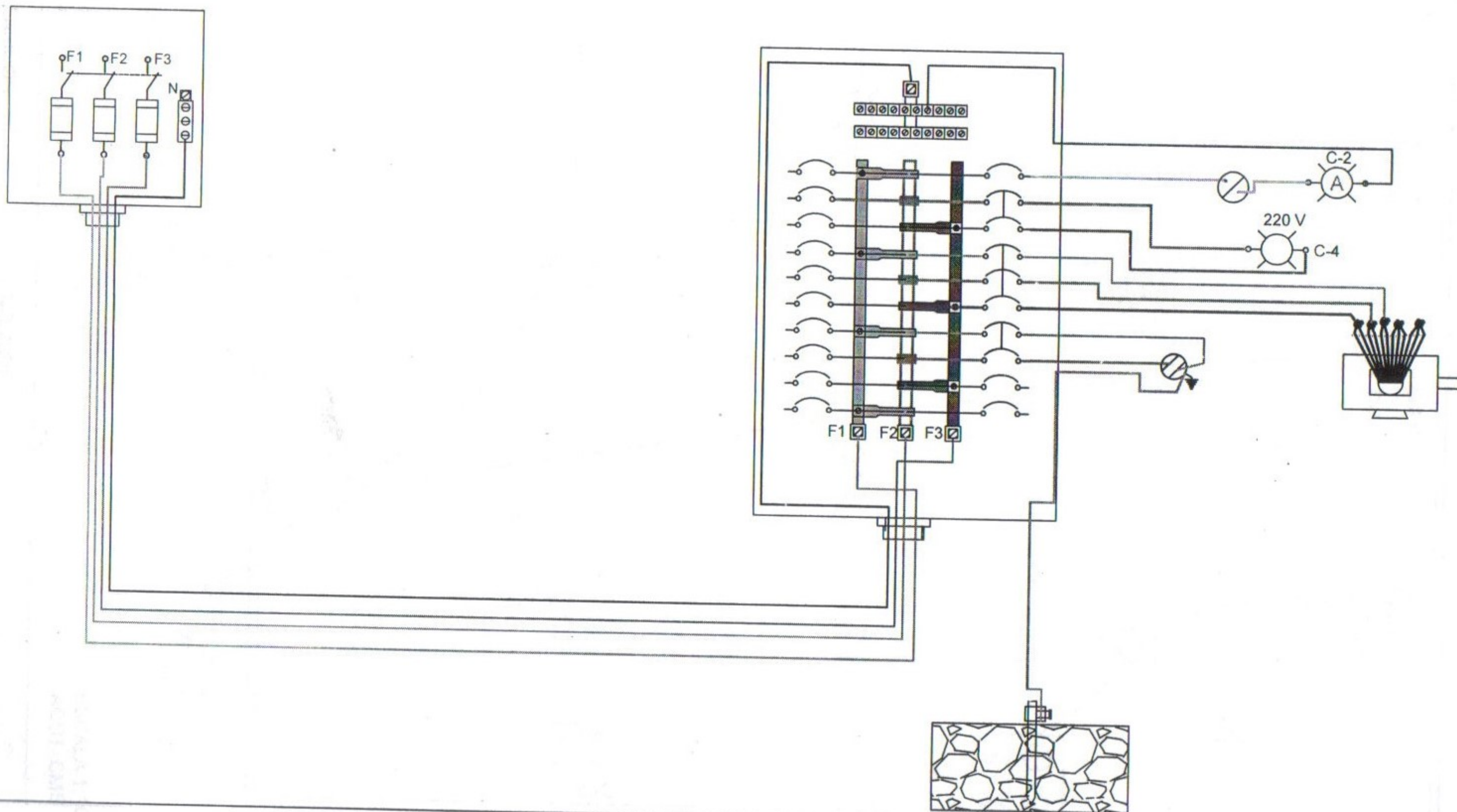
CLIPS DE SUJECION

CLIPS DE ALIMENTACION

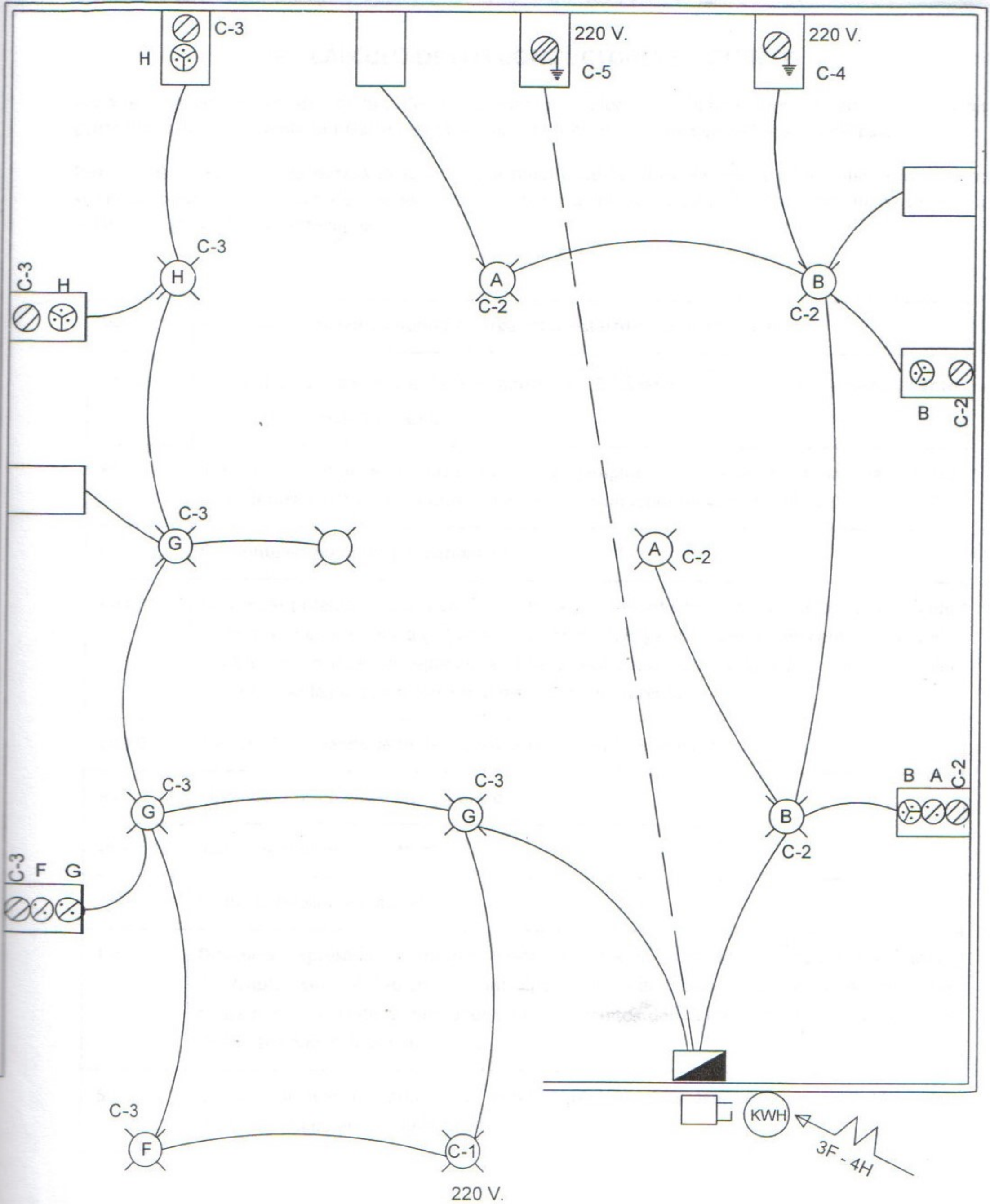


INTERRUPTORES TERMOMAGNETICOS





CONEXION DE UN SERVICIO TRIFASICO CON CENTRO DE CARGA TIPO QO-20



IV.- CÁLCULO DE LOS CONDUCTORES ELÉCTRICOS

Para el cálculo exacto del calibre de los conductores eléctricos, deben tomarse en consideración principalmente la corriente por transportar y la caída de tensión máxima permisible según el caso.

Por lo antes expuesto, es necesario tener conocimiento de las formulas correspondientes a los cuatro sistemas para el suministro de energía eléctrica; para la interpretación de dichas fórmulas, se dan a continuación las literales empleadas.

W =	Potencia, carga por alimentar o carga total instalada expresada en watts.
En =	Tensión o Voltaje entre fase y neutro ($127.5 \text{ volts} = \frac{220}{\sqrt{3}}$), valor comercialmente conocido como de 110 volts.
Ef =	Tensión o Voltaje entre fases (para los ejemplos aquí resueltos en baja tensión se considerarán 220 volts, aunque también es común tener un valor de 440 volts).
I =	Corriente en Amperes por conductor.
cos ϕ	Factor de potencia (F.P.) o coseno del ángulo formado entre el vector tensión tomado como plano de referencia y el vector corriente, cuyo valor expresado en centésimas (0.85, 0.90, etc.), en realidad representa el tanto por ciento que se aprovecha de la energía proporcionada por la empresa suministradora del servicio.
cos ϕ	1.00 o 100% cuando se tienen conectadas solo cargas resistivas
e=	Caída de tensión entre fase y neutro.
ef =	Caída de tensión entre fases.
e% =	Caída de tensión en tanto por ciento.
L =	Distancia expresada en metros desde la toma de corriente (subestación eléctrica, Interruptor general, tablero de control, tablero de distribución, etc.) hasta el centro de carga para el circuito alimentador y en los circuitos derivados hasta el último punto de donde se conecta la carga.
S =	Sección transversal o área de los conductores eléctricos expresada en mm ² . (Área del cobre sin aislamiento). Tabla No. 1.



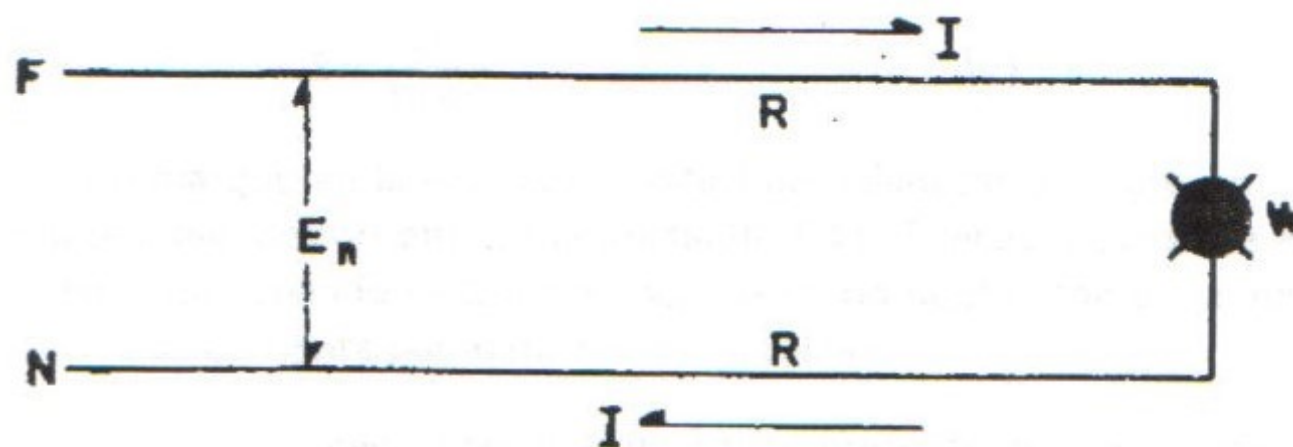
Es importante tener siempre presente de que salvo casos excepcionales como lo son circuitos derivados para un motor, hornos eléctricos o para cargas únicas específicas, no se dispone en un momento determinado de toda la carga total instalada, por lo tanto, para evitar el tener que conectar conductores eléctricos de gran sección transversal, es aconsejable corregir la intensidad de corriente después de calculada de acuerdo con las fórmulas No. 2 de los cuatro sistemas, multiplicándose por un FACTOR DE UTILIZACIÓN o FACTOR DE DEMANDA que según el tipo de instalación y el uso que se haga de ella varía normalmente de 0.6 a 0.9 (60 a 90%).

Por lo anterior, cuando no se trate de dar alimentación a una sola carga y principalmente cuando la carga total instalada sea la suma de varias cargas parciales que se supone no van a ser utilizadas en forma simultánea, hay necesidad de corregir la corriente para que de acuerdo al nuevo valor, se calculen los conductores eléctricos por corriente y por caída de tensión en cuyas fórmulas No. 5 ya debe considerarse la CORRIENTE CORREGIDA = I_c



SISTEMA MONOFÁSICO A DOS HILOS

(Fase y Neutro)



$W = E I$ Watts; esta fórmula en corriente alterna (C.A.) solo nos da la potencia aparente o de línea y la potencia real siempre y cuando se tenga en el circuito carga 100% resistiva.

Como se trata de indicar la formula general, abarcando combinaciones de los tres tipos de cargas eléctricas que son: Carga resistiva, Carga inductiva y Carga capacitiva, en ella, incluiremos el factor de potencia o $\cos \phi$

$$W = E_n I \cos \phi \dots\dots\dots (1)$$

En calibre de los conductores por corriente se encuentra despejando I de la ecuación (1).

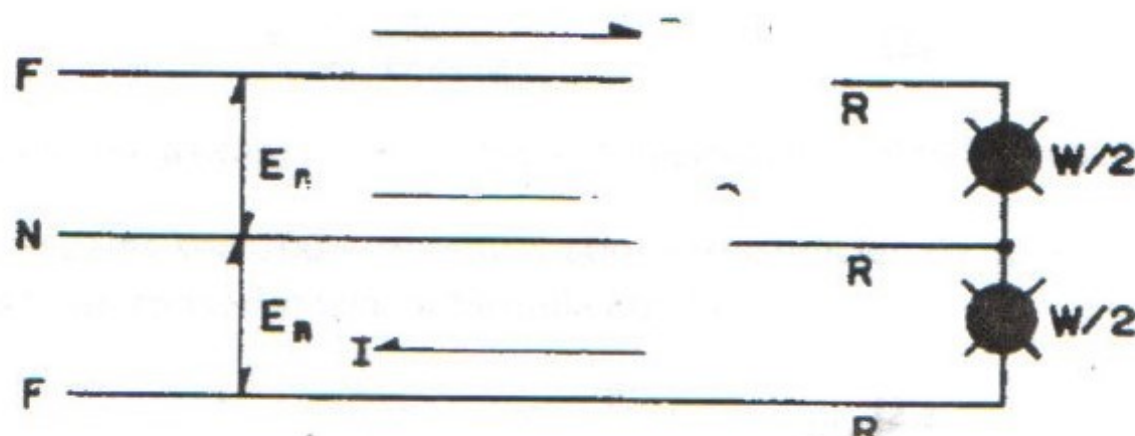
$$I = \frac{W}{E_n \cos \phi} \dots\dots\dots (2)$$

POR CAÍDA DE TENSIÓN

$$S = \frac{4LI}{E_n e\%} \dots\dots\dots (3)$$

SISTEMA MONOFÁSICO A TRES HILOS

(2 Fases y Neutro)



Si se observa detenidamente al diagrama anterior, realmente se trata de dos sistemas monofásicos a dos hilos.

POR CORRIENTE:

$$I = \frac{W}{2 E_n \cos \phi} \dots\dots\dots (1)$$



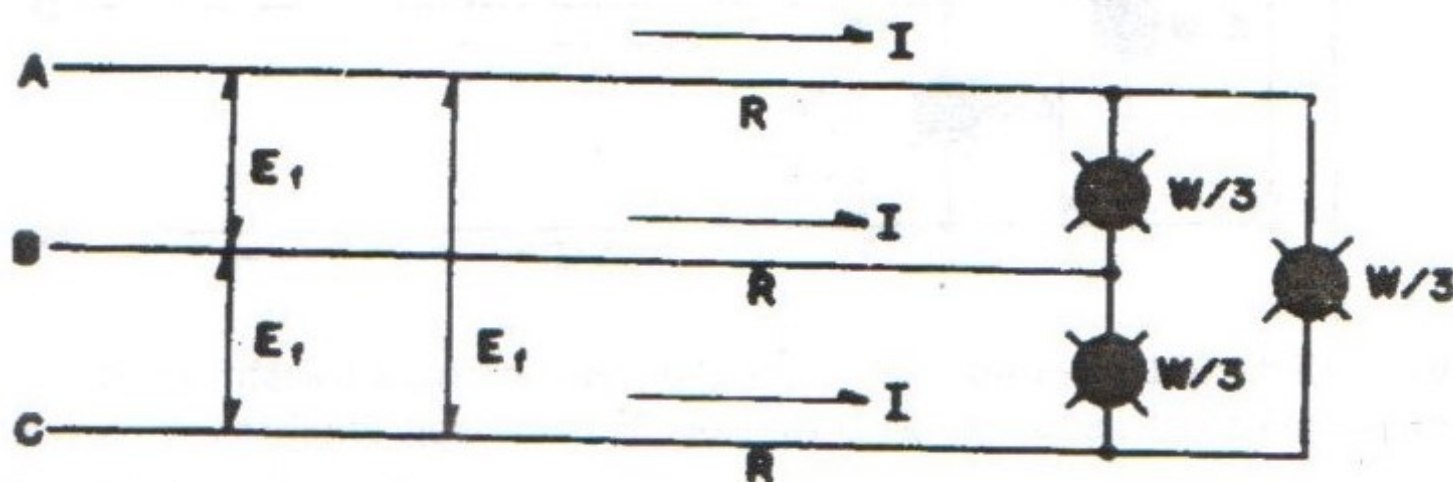
Como la carga total conectada en realidad se reparte en dos sistemas monofásicos a dos hilos, la corriente y en consecuencia la caída de tensión es exactamente la mitad con respecto al sistema elemental de fase y neutro.

$$S = \frac{2LI}{En\ e\%} \dots\dots\dots (2)$$

Como se trata de un sistema que en la realidad es difícil de balancear al 100%, en un momento dado el neutro trabaja como fase o hilo de corriente, transportando 1.4142 veces la corriente eficaz por fase. Por lo anterior, es recomendable que cuando se trabajen dos fases con neutro común, al neutro se le considere mayor área que a los hilos de corriente por lo menos en un calibre.

Para mejor entender lo anterior, hay necesidad de tener presente que los aparatos de medición en corriente alterna (C.A.) no indican valores máximos ni valores promedios de las ondas sinusoidales de TENSIÓN, CORRIENTE O POTENCIA, sino que indican el valor eficaz de las mismas siendo 0.7071 del valor máximo, por lo tanto, $0.7071 \times 2 = 1.4142$.

SISTEMA TRIFÁSICO A TRES HILOS (3 FASES)



$$W = \sqrt{3} Ef I \cos \phi \dots\dots\dots (1)$$

$$I = \frac{W}{\sqrt{3} Ef \cos \phi} \dots\dots\dots (2)$$

Sistema aplicado cuando todas las cargas parciales son trifásicas, pero dividido en dos casos específicos.

1.- Cuando las cargas parciales son 100% resistivas como resistencias de secadores, hornos eléctricos, el factor de potencia o $\cos \phi$, en consecuencia, la fórmula queda:

$$I = \frac{W}{\sqrt{3} Ef} \dots\dots\dots (2')$$

2.- Cuando las cargas parciales son inductivas como motores eléctricos en su generalidad y dispositivos o equipos fabricados con bobinas, hay necesidad de incluir, además del factor de potencia o $\cos \phi$, la eficiencia N promedio de los motores, en un valor nunca mayor de 0.85.

$$I = \frac{W}{\sqrt{3} Ef \cos \phi N} \dots\dots\dots (2'')$$

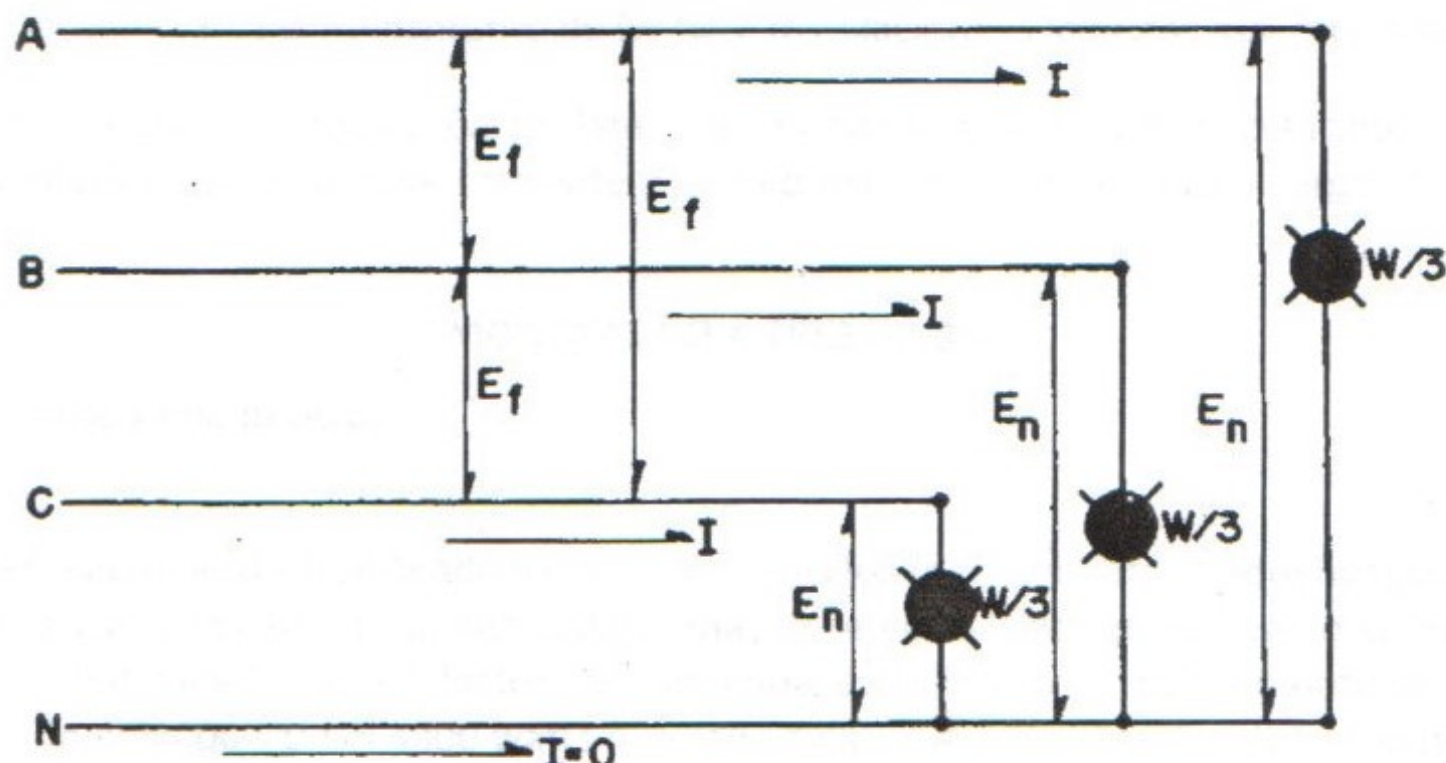


POR CAÍDA DE Tensión

$$S = \frac{2 L I}{E_n e\%} \dots\dots\dots (3)$$

Este sistema 3Ø a 3 hilos es balanceado, por lo que se considera exactamente la misma corriente por conductor.

SISTEMA TRIFÁSICO A CUATRO HILOS
(3 Fases y Neutro)



Tratándose de un sistema trifásico a cuatro hilos (3Ø - 4h) que se considera 100% balanceado, en el neutro se toma una intensidad de corriente igual con $I_n=0$, además, de la figura se desprende que son en realidad 3 sistemas monofásicos a dos hilos.

$$W = 3 E_n I \cos \phi = \sqrt{3} E_f I \dots\dots\dots (1)$$

$$I = \frac{W}{3 E_n \cos \phi} = \frac{W}{\sqrt{3} E_f} \dots\dots\dots (2)$$

Para cuando se tienen cargas de alumbrado y contactos, motores monofásicos y trifásicos, en las fórmulas (1) y (2) se debe hacer intervenir a la eficiencia N , considerando un máximo valor promedio de $N= 0.85$ o menor, el cual estará determinado por las características de las cargas parciales.

$$W = \sqrt{3} E_f I \cos \phi \dots\dots\dots (1')$$

$$I = \frac{W}{\sqrt{3} E_f \cos \phi N} \dots\dots\dots (2')$$

Cuando no se da el factor de potencia (F.P.) o $\cos \phi$ como dato, se supone un valor normalmente de 0.85, ya que en ningún caso la carga total instalada es puramente resistiva.

POR CAÍDA DE Tensión

$$S = \frac{2 L I}{E_n e\%} \dots\dots\dots (3)$$



APLICACIÓN DE LOS CUATRO SISTEMAS

MONOFÁSICO A DOS HILOS

(Un hilo de corriente y uno neutro)
(1 ϕ --2H)

Se utiliza en instalaciones eléctricas de alumbrado y contactos sencillos (para aparatos pequeños), cuando todas las cargas parciales son monofásicas y la carga total instalada no es mayor de 4000 watts que multiplicada por un factor de demanda = 0.6 - o sea del 60% según lo establecido en las tarifas generales de electricidad en vigor, se obtiene una demanda máxima aproximada de $4000 \times 0.6 = 2400$ watts cuyo valor queda dentro de lo que marca el Reglamento de Obras e Instalaciones Eléctricas que recomienda:

Para circuitos derivados o servicios particulares de alumbrado y contactos sencillos (para aparatos pequeños), alimentarlos con un hilo de corriente y un hilo neutro considerar una carga efectiva no mayor de 2500 watts.

MONOFÁSICO A TRES HILOS

(Dos hilo de corriente y uno neutro)
(2 ϕ --3H)

Para instalaciones eléctricas de alumbrado y contactos sencillos (para aparatos pequeños) cuando todas las cargas son monofásicas y la carga total instalada es mayor de 4000 Watts pero que no sobrepase los 8000 watts cuyo valor multiplicado por el factor de demanda establecido de 0.6, se obtiene una demanda máxima aproximada de $8000 \times 0.6 = 4800$ watts que repartida en los circuitos derivados corresponden 2400 watts a cada uno.

TRIFÁSICO A TRES HILOS

(Tres hilo de corriente)
(3 ϕ --3H)

Sistema utilizado en los siguientes casos:

1. En instalaciones eléctricas en las que se dispone únicamente de cargas trifásicas independientemente de la carga total instalada.
2. En alimentaciones generales o derivados que proporcionan la energía eléctrica a cargas trifásicas.
3. Para suministrar energía a instalaciones eléctricas con servicio contratado en alta tensión.
4. En redes de distribución primaria a tensiones de 13,200 o de 20,000 volts entre fases.
5. En líneas de transmisión a tensiones entre fases mayores de 20,000 Volts.

TRIFÁSICO A CUATRO HILOS

(Tres hilos de corriente y uno neutro)
(3 ϕ --4H)

Este sistema es utilizado en los siguientes casos:

1. En instalaciones eléctricas de alumbrado y contactos sencillos, cuando todas las cargas parciales son monofásicas y la total instalada es mayor de 8000 watts.



2. Cuando se tienen tanto cargas monofásicas como cargas- trifásicas, independientemente del valor de la carga - total instalada.
3. En redes de distribución secundaria a tensiones de 220 volts entre fases 127.5 volts entre fase y neutro, este último valor comercialmente conocido como de 127 volts.

CÁLCULO DE CONDUCTORES ELÉCTRICOS POR CORRIENTE Y CÁLCULO DE LOS DIÁMETROS DE TUBERÍAS CONDUIT.

EJEMPLO No. 1

Calcular la corriente, calibre de los conductores eléctricos con aislamiento tipo TW y diámetro de la tubería conduit pared delgada para alojar los alimentadores generales, si en una instalación eléctrica se tiene una carga total instalada de 3800 watts, resultado de sumar sólo cargas parciales monofásicas (alumbrado y contactos).

DATOS

$$W = 3800 \text{ Watts}$$

$$E_n = 127.5 \text{ Volts}$$

SOLUCIÓN

Como solo son cargas monofásicas y la suma total no sobre- pasa el valor de 4000 watts, el sistema escogido debe ser un monofásico a dos hilos (1 ϕ - 2H), por tanto se tiene:

$$W = E_n I \cos \phi \dots\dots\dots (1)$$

$$I = \frac{W}{E_n \cos \phi} \dots\dots\dots (2)$$

Cuando no se da el factor de potencia (f. p.) o $\cos \phi$ como dato, se supone un valor que normalmente varia de 0.85 a 0.90 ya que en ningún caso la carga total instalada es puramente resistiva.

$$I = \frac{W}{E_n \cos \phi} = \frac{3800}{127.5 \times 0.85} = \frac{3800}{108.5} = 35 \text{ Amp.}$$

Como en ninguna instalación eléctrica se utiliza la carga total instalada en forma simultánea, es aplicable un FACTOR DE UTILIZACIÓN F.U. o FACTOR DE DEMANDA F.D; que varía de 0.6 a 0.9 (del 60 al 90%) para este caso en que no se especifica si se trata de una casa habitación, comercio, oficinas, etc., se aplicará un F.U. = F.D. = 0.70, en consecuencia, al multiplicar la corriente calculada por 0.70, se obtiene la corriente máxima efectiva, conocida como corriente corregida I_c .

$$I_c = 35 \times 0.70 = 24.5 \text{ Amp.}$$

Para una corriente de 24.5 Amp., se necesitan conductores eléctricos con aislamiento tipo THW calibre # 10 que transportan hasta 30 Amp. en condiciones normales.(Ver tabla No 2).



Dos conductores sólidos calibre # 10 (alambres), ocupan una área total de 31.4 mm^2 según la tabla No. 4.

Tomando en consideración el factor de relleno en los tubos conduit (31% de su área interior según la tabla No.3), DOS conductores calibre # 10 deben alojarse en tubería conduit pared delgada de 13 mm. de diámetro ya que de ésta pueden ocuparse hasta 60 mm^2 .

EJEMPLO No. 2

Calcular la corriente, el calibre de los conductores eléctricos (alimentadores generales) y el diámetro de la tubería conduit en que deben ser alojados, para una carga total instalada de 7400 watts, resultado de sumar sólo cargas monofásicas.

DATOS

$$W = 7400 \text{ watts}$$

$$E_n = 127.5$$

$$\cos \phi = 0.85$$

$$F.U. = F.D. = 0.70$$

Conductores con aislamiento tipo T.H.W.

SOLUCIÓN:

Si todas las cargas parciales son monofásicas y el valor de 1 a carga total instalada es mayor de 4000 watts pero no sobrepasa el de 8000 watts, el sistema elegido es monofásico a tres hilos ($2\phi - 3h$), en consecuencia se tiene:

$$W = E_n I \cos \phi \dots\dots\dots (1)$$

$$I = \frac{W}{E_n \cos \phi} \dots\dots\dots (2)$$

$$I = \frac{7400}{2 \times 127.5 \times 0.85} = \frac{7400}{216.75} = 34.14 \text{ Amp.}$$

$$I_c = I \times F.U. = I \times F.D. = 34.14 \times 0.70 = 23.9 \text{ Amp.}$$

Para una corriente efectiva máxima aproximada de 23.9 Amp., es necesario instalar conductores eléctricos con aislamiento tipo THW calibre # 10 como mínimo (ver tabla No. 2), en virtud de: que el Reglamento de obras e Instalaciones Eléctricas impide calibres menores al # 12 para alimentadores generales.

Dos conductores calibre # 10, y un calibre # 8 ocupan una área total de 59.6 mm^2 según la tabla No. 4.

Según la tabla No. 3, DOS conductores calibre # 10 y UN calibre # 8 deben ir en tubería conduit de 13 mm de diámetro pared delgada o pared gruesa, pues de ellas pueden ocuparse hasta 78 mm^2 .



EJEMPLO No. 3

Calcular el calibre de los conductores eléctricos (alimentadores generales) por corriente y el diámetro de la tubería conduit en que deben alojarse, para una carga total instalada de 8200 watts, resultado de sumar sólo cargas trifásicas.

DATOS

$$W = 8200 \text{ Watts}$$

$$E_f = 220 \text{ Volts}$$

$$\cos \phi = 0.85$$

$$F.U. = F.D. = 0.80$$

Considerando una eficiencia promedio $= \eta = 0.80$

Aislamiento tipo THW

SOLUCIÓN:

Si todas las cargas son trifásicas el sistema debe ser necesariamente un trifásico a tres hilos (3 ϕ - 3h).

$$W = \sqrt{3} E_f I \cos \phi \dots\dots\dots (1)$$

$$I = \frac{W}{\sqrt{3} E_f \cos \phi \eta} \dots\dots\dots (2)$$

$$\text{Corriente corregida} = I_c = I \times F.U.$$

$$I_c = 31.68 \times 0.80 = 23.34 \text{ Amp}$$

Para una corriente efectiva aproximada de 25.34 Amp., es necesario utilizar conductores eléctricos con aislamiento tipo THW calibre # 10 que conducen en condiciones normales hasta 30 Amp.

El área total de los TRES conductores calibre #10 con todo y aislamiento es de 47.1 mm², por lo tanto, pueden ser alojados en una tubería de 13 mm. De diámetro según la tabla No 3.

EJEMPLO No. 4

Calcular el calibre de los conductores eléctricos por corriente (alimentadores generales) y el diámetro de la tubería conduit en que deben alojarse para una instalación de utilización que tiene una carga total instalada de 28000 watts, resultado de sumar solo cargas monofásicas como alumbrado y contactos sencillos (casa habitación, edificios de departamentos, oficinas, pequeños comercios, etc.).

DATOS

$$W = 28000 \text{ watts}$$



$$E_n = 127.5 \text{ volts}$$

$$\cos \phi = 0.85$$

$$F. U. = F. D. = 0.70$$

Conductores con aislamiento tipo TW

SOLUCIÓN:

Si todas las cargas parciales son monofásicas y el valor de la carga total resulta mayor de 8000 watts, el sistema elegido es un trifásico a 4 hilos (3 ϕ - 4h), por tanto se tiene:

POR CORRIENTE

$$W = 3 E_n I \cos \phi = \sqrt{3} E_f I \cos \phi \quad (1)$$

$$I = \frac{W}{E_n \cos \phi} = \frac{W}{\sqrt{3} E_f \cos \phi} \quad (2)$$

$$I = \frac{2800}{\sqrt{3} \times 220 \times 0.85} = \frac{2800}{323.51} = 86.55 \text{ Amp.}$$

$$I_c = I \times F. U. = I \times F. D. = 86.55 \times 0.70 = 60.58 \text{ Amp.}$$

Para una corriente de 60.58 Amp., según la tabla No. 2, se necesitan conductores calibre # 6 que transportan en condiciones normales hasta 65 Amp. a una temperatura ambiente de 30°C y 3 hilos de corriente dentro de una misma canalización.

$$I_c = 60.58$$

Calibre # 6, entonces serian 4 # 6

Como los sistemas trifásicos a 4 hilos, son balanceados y por el hilo neutro no circula corriente alguna, se puede disminuir el calibre del hilo neutro en por lo menos un calibre, quedando 3 # 6 para hilos de corriente o fase y uno calibre # 8 para el hilo neutro.

Ahora se calcula el área que ocupan TRES conductores calibre # 6 y UNO calibre # 8 según la tabla No. 4 (sumando las áreas de los cuatro, conductores, para de acuerdo a la tabla No. 4, ver en que diámetro de tubería pueden alojarse.

$$\begin{aligned} 3 \# 6 &= 146.4 \\ 1 \# 8 &= \frac{28.2}{174.6 \text{ mm}^2} \end{aligned}$$

Se observa en la tabla No. 3, que para alojar CUATRO conductores eléctricos que ocupan una área total con todo y aislamiento = 174.6 mm², se necesita un diámetro de tubería condúit pared delgada de 1" (25 mm) de la cual se pueden ocupar hasta 222 mm².



EJEMPLO No. 5

Calcular el calibre de los conductores eléctricos con aislamiento tipo TW y el diámetro de la tubería conduit pared delgada en que deben alojarse para una línea monofásica a 2 hilos (1Ø-2h) que debe transportar una corriente de 24 Amperes a una temperatura ambiente de 30°C casi como de acuerdo al calibre resultante escoger la protección contra sobrecorriente.

DATOS

$I = 24$ Amperes

$E_n = 127.5$ Volts

$\cos \phi = 0.85$

Aislamiento tipo TW

Interruptor de seguridad = ?

Elementos fusibles = ?

SOLUCIÓN:

Según la tabla No. 2. para una corriente de 24 Amp. se necesitan conductores eléctricos con aislamiento tipo TW calibre # 10 que tienen una capacidad mínima promedio de 30 Amp.

Una vez seleccionado el calibre # 10. Se observa en la tabla No. 4. que el área total que ocupan 2 # con todo y aislamiento es de 31.4 mm^2 .

Obtenida el área total que ocupan DOS conductores calibre # 10 con todo y aislamiento es de 31.4 mm^2 En la tabla No. 3. columna No. 6. correspondiente al 31% del área interior de tubos conduit pared delgada observándose que deben ser alojados 2 # 10 en tubería de 13 mm. de diámetro pues de ella pueden ser ocupados hasta 60 mm^2 .

Para ejemplos como este o parecidos, es importante no olvidar o tener presente las siguientes condiciones:

1. Como la temperatura ambiente anotada como dato y todos los valores tabulados son a 30°C, no hay necesidad de aplicar el factor de corrección por temperatura.
2. Si el número de conductores activos es menor de cuatro (en un sistema 1Ø-2H, se consideran activos a los dos), tampoco hay que aplicar el factor de corrección por agrupamiento.
3. El interruptor de seguridad de acuerdo al calibre de los conductores eléctricos y al sistema elegido debe ser de 2 x 30 Amperes, los elementos fusibles también son de 30 Amperes, ya que el Reglamento de obras e instalaciones Eléctricas, recomienda que la protección contra sobrecorriente, como máximo puede ser de acuerdo a la capacidad promedio mínima de conducción de corriente de los conductores eléctricos para obligar a que la parte más débil sean los elementos fusibles.

Es así como actualmente se establece que de acuerdo a la capacidad mínima promedio de conducción de los conductores, sea la capacidad de los elementos fusibles.



Calibre #	Capacidad mínima promedio de conducción	Capacidad de los elementos fusibles o termomagnéticos.
14	15 Amp.	15 Amp.
12	20 Amp.	20 Amp.
10	30 Amp.	30 Amp.
8	40 Amp.	40 Amp.
6	55 Amp.	50 Amp.
4	70 Amp.	60 Amp.

Por lo anterior, es común observar principalmente en circuitos derivados de alumbrado y contactos son conectados con conductores eléctricos calibre # 12 como mínimo, la protección contra sobrecorriente debe ser como máximo de 20 Amp. y que en los circuitos de alumbrado al tenerse hilos de retorno o regreso de calibre # 14, la protección contra sobrecorriente debe ser como máximo de 15 Amp.

EJEMPLO No 6

Calcular el calibre de los conductores eléctricos con aislamiento "tipo THHW y el diámetro del tubo conduit pared gruesa para una línea trifásica a 4 hilos 3(Ø-,4h) para transportar una corriente de 90 Amperes por fase y a una temperatura de operación de 40°C.

SOLUCIÓN

En la tabla No. 2 se tiene que para una corriente de 95 Ampere, se requieren conductores calibre #4 pero, como los 95 amperes es la capacidad de conducción máxima del calibre #4 emplearemos calibre # 2 que transporta en condiciones normales hasta 130 Amperes dando así un factor de seguridad.

Para una temperatura de 40°C

Factor de corrección = 0.91 (Ver Tabla No.2)

Multiplicando los 120 Amperes por el factor de corrección por temperatura a 40°C se tiene:

$$130 \times 0.91 = 118.3 \text{ Amperes.}$$

Como aún multiplicando 130 por el factor de corrección por temperatura da un valor superior a los 90 Amperes por transportar es correcto emplear calibre #2 (cableados).

Ahora, ver en qué tubería deben alojarse 4 # 2 (tres hilos de corriente y un neutro)

$$4 \# 2 = 344 \text{ mm}^2 \text{ de área total (Ver tabla No. 3) Ver tabla No. 4 para solo el 40\%.}$$

4 # 2 = 344 mm² de área total, deben ser alojados en una tubería conduit pared gruesa de 32 mm. de diámetro, pues en ésta pueden ocuparse con máxima hasta 387 mm² de su área interior.



NOTA.- Como en los sistemas 3Ø - 4h el neutro no transporta corriente alguna, en este se puede utilizar el calibre inmediato inferior es decir, para este caso.

3 # 2 para las fases.

1 # 4 para el neutro

Para este mismo ejemplo puede trabajarse en otra forma el factor de corrección por temperatura.

$$\frac{\text{Corriente por transportar}}{\text{Factor de corrección por temperatura}} = \frac{90}{0.9} = 100 \text{ Amperes}$$

Es decir, se busca en la tabla No.2 el calibre de un conductor que en vez de 90 Amperes, transporte como mínimo Amperes en condiciones normales de temperatura (30°C)

CALCULO DEL CALIBRE DE LOS CONDUCTORES ELÉCTRICOS POR CORRIENTE Y POR CAÍDA DE TENSIÓN

EJEMPLO No. 1

Calcular por corriente y por caída de tensión, el calibre de los conductores para alimentar una carga monofásica total de 2400 watts. que se considera concentrada a 60 metros.

DATOS

W = 2400 watts.

En = 127.5 volts (1Ø -2h).

Cosθ = 0.85

e% = 2

L = 60 metros

Considerar un factor de utilización F.U. = 0.8

SOLUCIÓN POR CORRIENTE

$$W = E_n I \cos \theta$$

$$I = \frac{W}{E_n \cos \theta} = \frac{2400}{127.5 \times 0.85} = \frac{2400}{108.37} = 22.14 \text{ Amperes}$$

$$\text{Corriente corregida} = I_c = 22.14 \times 0.8 = 17.7 \text{ Amperes}$$



Por corriente, ver tabla No.2.

Aislamiento tipo THW Calibre # 12

POR CAÍDA DE TENSION

De la formula $e\% = \frac{4 L I_c}{E_n S}$

$$S = \frac{A L I_c}{E_n e\%} = \frac{4 \times 60 \times 17.7}{127.5 \times 2} = \frac{4248}{255} = 16.65 \text{ mm}^2$$

Consultando la tabla No. 1 el valor $S = 16.65 \text{ mm}^2$, si este valor no se encuentra, se escoge el calibre de conductor eléctrico que tenga el valor inmediato superior que en el caso presente corresponde al calibre # 4 ($S = 21.15 \text{ mm}^2$). En este caso se utilizaran 2 conductores tipo THW calibre NO. 4 en lugar de 2-12, debido a la caída de tensión.

EJEMPLO No. 2

Calcular por corriente y por caída de tensión los conductores eléctricos (alimentadores generales) para una carga total $W = 4,600 \text{ Watts}$ (suma de cargas parciales monofásicas) que se considera concentrada a 20 metros de la toma de energía.

DATOS

$W = 4600 \text{ Watts.}$

Sistema 2 θ – 3h

$E_n = 127.5 \text{ Volts}$

$\cos \theta = 0.9$

$e\% = 1$

$L = 20 \text{ metros}$

Conductores sólidos con aislamiento THW

Factor de Utilización $F.U = F.D = 0.80$

SOLUCIÓN POR CORRIENTE:

$$W = E_n I \cos \theta \quad (1)$$

$$I = \frac{W}{2 E_n \cos \theta} = \frac{4600}{2 \times 127.5 \times 0.9} = \frac{4600}{229.5} = 20 \text{ Amperes}$$

Corriente corregida $I_c = 20 \times 0.8 = 16 \text{ Amperes}$

Para 16 Amperes, se requiere conductores eléctricos calibre # 12 (Ver tabla No 2)



POR CAÍDA DE Tensión

Para sistema monofásico a 3 hilos (2θ – 3h)

$$e\% = \frac{2 L I_c}{E_n S}$$

$$S = \frac{2 L I_c}{E_n e\%} = \frac{2 \times 20 \times 16}{127.5 \times 1} = \frac{640}{127.5} = 5.02 \text{ mm}^2$$

$S = 5.02 \text{ mm}^2$ corresponde a un conductor eléctrico sólido calibre # 10 que tiene 5.26 mm^2 (valor inmediatamente superior).

NOTA.- Como es un sistema 2 θ – 3h, se tiene que este es desbalanceado, en consecuencia en un momento dado el neutro común trabaja como fase circulando por él 1.4142 veces la corriente por fase, por lo que es aconsejable aumentar el área del neutro común en por lo menos un calibre.

Por lo antes expuesto, para este problema deben ser considerados:

2 conductores calibre # 10, para las fases.

1 conductor calibre # 8 para el neutro.

En todos y cada uno de los problemas a resolver, se elige el calibre de mayor área transversal de los conductores eléctricos, sin importar que sea resultado del cálculo por o corriente o caída de tensión.

EJEMPLO No. 3

Calcular por corriente y por caída de tensión los alimentadores principales para una carga total de 20,000 Watts o resultado de sumar cargas parciales de alumbrado y fuerza (monofásicas y trifásicas).

Considerar una distancia de la toma de energía al centro de carga de 40 metros.

DATOS

$W = 20,000 \text{ Watts.}$

$E_f = 220 \text{ Volts.}$

$E_n = 127.5 \text{ Volts}$

$\cos \theta = 0.85$

$L = 40 \text{ metros.}$

Conductores con aislamiento tipo THW.

SOLUCIÓN

Al tenerse una carga total mayor de 8,000 además, resultado de combinar cargas monofásicas y trifásicas, es necesario un sistema trifásico a cuatro hilos (3 θ – 4h).



POR CORRIENTE

De la formula $W = \sqrt{3} E_f I \cos \theta$ (1)

$$I = \frac{W}{\sqrt{3} E_f \cos \theta} = \frac{20000}{1.73 \times 220 \times 0.85}$$

$$I = \frac{20000}{323.50} = 62 \text{ amperes}$$

Como en este caso la corriente ya es de un valor considerable y la carga total es resultado de sumar cargas parciales monofásicas y trifásicas, se estima que es difícil utilizar el 100% de la carga total instalada en forma simultánea, en tal virtud, se aplica un factor de utilización que normalmente varia del 60 al 90%, evitando con ello conductores demasiado gruesos sin justificación y que, para este ejemplo explicativo vamos a promediar dicho factor en 75%, razón por la cual la corriente corregida para calcular los conductores eléctricos por caída de tensión será en este caso:

$$I_c = 62 \times 0.75 = 46.5 \text{ Amperes.}$$

Conductores eléctricos tipo THW por corriente calibre # 8

POR CAÍDA DE TENSIÓN

Para este caso en que son alimentadores principales o generales para una carga total combinación de alumbrado y fuerza se toma la caída de tensión mínima de 2%.

En consecuencia $e\% = 1$.

$$S = \frac{2 L I_c}{E_n \times e\%} = \frac{2 \times 40 \times 46.5}{127 \times 2} = \frac{3720}{254} = 14.64 \text{ mm}^2$$

Una sección transversal de 14.64 mm^2 de cobre, corresponde a un conductor cableado calibre # 4 (que tiene 21.15 mm^2), según la tabla No. 1.

Por ser un sistema balanceado y tener en cuenta que por el neutro no circula corriente, se conectan 3 calibre # 4 para las fases y para el neutro un calibre menor es decir, 1 conductor calibre # 6 y hasta calibre mucho menor si se tiene poca carga monofásica.



TABLA No. 1 (Tabla 10.8 NTIE.)

DIMENSIONES DE LOS CONDUCTORES ELÉCTRICOS DE COBRE DESNUDOS.

	CALIBRE AWG KCM-MCM	SECCIÓN O ÁREA mm ²	DIÁMETRO mm	No DE HILOS	RESISTENCIA OHMS/KM
A L A M B R E S	18	0.8235	1.02	1	25.5
	16	1.07	1.29	1	16.0
	14	2.082	1.63	1	10.1
	12	3.307	2.05	1	6.33
	10	5.26	2.59	1	3.97
	8	8.367	3.26	1	2.51
C A B L E S	18	0.8235	1.17	7	26.1
	16	1.307	1.47	7	17.4
	14	2.082	1.85	7	10.3
	12	3.307	2.34	7	6.50
	10	5.26	2.95	7	4.07
	8	8.367	3.71	7	2.55
	6	13.3	4.67	7	1.61
	4	21.15	5.89	7	1.01
	2	33.62	7.42	7	0.636
	1/0	53.48	9.45	19	0.4
	2/0	67.43	10.6	19	0.317
	3/0	85.01	11.9	19	0.252
	4/0	107.2	13.4	19	0.199
	250	126.67	14.6	37	0.169
	300	152.01	16.0	37	0.141
	350	177.34	17.3	37	0.120
	400	202.68	18.5	37	0.105
	500	253.35	20.7	37	0.0846
	600	304.02	22.7	61	0.0702
	700	354.69	24.5	61	0.0604
	750	380.03	25.3	61	0.0561
	800	405.37	26.2	61	0.0528
	900	456.04	27.8	61	0.0469
	1000	506.71	29.3	61	0.0423
	1250	633.39	32.7	91	0.0338
	1500	760.07	35.9	91	0.0281
	1750	886.74	38.8	127	0.0241
	2000	1013.42	41.4	127	0.021



TABLA No. 2 (Tabla 310-16 NTIE)

CAPACIDAD DE CONDUCCIÓN DE CORRIENTE (AMPERES) PERMISIBLE DE CONDUCTORES AISLADOS PARA 0 A 2000 VOLTS NOMINALES Y 60°C A 90°C. NO MAS DE TRES CONDUCTORES ACTIVOS (FASES) EN UNA CANALIZACIÓN (TUBO CONDUIT), PARA UNA TEMPERATURA AMBIENTE DE 30°C

CALIBRE AWG KCM	TAMAÑO NOMINAL mm ²	TEMPERATURA NOMINAL DEL CONDUCTOR		
		60° C	75° C	90° C
		TIPOS TW TWD	TIPOS THW THWN RHW	TIPOS THHW THHN XHHW
18	0.8235	---	---	14
16	1.307	---	---	18
14	2.082	15 (20)	15 (20)	15 (25)
12	3.307	20 (25)	20 (25)	20 (30)
10	5.26	30	30 (35)	30 (40)
8	8.367	40	50	55
6	13.3	55	65	75
4	21.15	70	85	95
3	26.67	85	100	110
2	33.62	95	115	130
1	42.41	110	130	150
1/0	53.48	125	150	170
2/0	67.43	145	175	195
3/0	85.01	165	200	225
4/0	107.2	195	230	260
250	126.67	215	255	290
300	152.01	240	285	320
350	177.34	260	310	350
400	202.68	280	335	380
500	253.35	320	380	430
600	304.02	355	420	475
700	354.69	385	480	520
750	380.03	400	475	535
800	405.37	410	490	555
900	456.04	435	520	585
1000	506.71	455	545	615
1250	633.39	495	590	665
1500	760.07	520	625	705
1750	886.74	545	650	735
2000	1013.42	560	665	750
FACTORES DE CORRECCIÓN POR TEMPERATURA				
Temperatura ambiente En ° c		Para temperaturas ambientes distintas de 30° c, Multiplicar la anterior capacidad de conducción por el correspondiente factor.		
31-35		0.91	0.94	0.96
36-40		0.82	0.88	0.91
41-45		0.71	0.82	0.87
46-50		0.58	0.75	0.82
51-55		0.41	0.67	0.76
56-60			0.58	0.71



NUMERO DE CONDUCTORES EN UN TUBO CONDUIT

Normalmente los conductores en las instalaciones eléctricas, se encuentran alojados ya sea en tubos conduit o en otros tipos de canalizaciones. Como se ha mencionado, los conductores están limitados en su capacidad de conducción de corriente por el calentamiento, debido a las limitaciones que se tienen en la disipación de calor y a que el aislamiento mismo presenta también limitaciones de tipo térmico.

Debido a estas restricciones térmicas, el número de conductores dentro de un tubo conduit se limita de manera tal que, permita un arreglo físico de conductores de acuerdo a la sección del tubo conduit o de la canalización, facilitando su alojamiento la entrada de aire necesario para disipar el calor.

CAPACIDAD DE CORRIENTE DE CONDUCTORES EN TUBO CONDUIT

NUMERO DE CONDUCTORES	CAPACIDAD DE CORRIENTE PERMITIDA EN CONDUIT EN %
1 - 3	100 %
4 - 6	80 %
7 - 24	70 %
25 - 30	60 %
31 - 42	55 %
43 ó Más	50 %



TABLA No 3 (Tabla 10-4 NTIE)

DIMENSIONES DE TUBO CONDUIT Y ÁREA DISPONIBLE PARA LOS CONDUCTORES

TAMAÑO NOMINAL		DIÁMETRO NOMINAL mm	ÁREA INTERIOR TOTAL mm ²	Área disponible para conductores en mm ²		
mm.	pulgadas			1 conductor fr = 53%	2 conductor fr = 31%	Más de 2 conductores fr = 40%
13	½	15.81	196	103	60	78
19	¾	20.9	344	181	106	137
25	1	26.6	557	294	172	222
32	1 ¼	35.1	965	513	299	387
38	1 ½	40.9	1313	697	407	526
51	2	52.5	2165	1149	671	867
63	2 ½	62.7	3089	1638	956	1236
76	3	77.9	4761	2523	1476	1904
89	3 ½	90.1	6379	3385	1977	2555
102	4	102.3	8213	4349	2456	3282
127	5	128.2	12907	6440	4001	5163
153	6	154.1	18639	9879	5778	7456



TABLA No 4

ÁREA PROMEDIO DE LOS CONDUCTORES ELÉCTRICOS DE COBRE CON AISLAMIENTO TIPO TW, THW, THHW-LS, THW-LS.

CALIBRE AWG KCM	ÁREA TOTAL CON AISLAMIENTO mm ²	ÁREA TOTAL DE ACUERDO AL CALIBRE Y AL NUMERO DE CONDUCTORES				
		2	3	4	5	6
14	8.97	17.94	26.91	35.88	44.85	53.82
12	11.7	23.4	35.1	46.8	58.5	70.2
10	15.7	31.4	47.1	62.8	78.5	94.2
8	28.2	56.4	84.6	112.8	141	169.2
6	48.8	97.6	146.4	195.2	244	292.8
4	62.8	125.6	188.4	251.2	314	376.8
2	86	172	258	344	430	516
1/0	143	286	429	572	715	858
2/0	169	338	507	676	845	1014
3/0	201	402	603	804	1005	1206
4/0	240	480	720	960	1200	1440
250	297	594	891	1188	1485	1782
300	341	682	1023	1364	1705	2046
350	384	768	1152	1536	1920	2304
400	427	854	1281	1708	2135	2562
500	510	1020	1530	2040	2550	3060
600	628	1256	1884	2512	3140	3768
700	710	1420	2130	2840	3550	4260
750	752	1504	2256	3008	3760	4512
800	792	1584	2376	3168	3960	4752
900	875	1750	2625	3500	4375	5250
1000	954	1908	2862	3816	4770	5724
1250	1200	2400	3600	4800	6000	7200
1500	1400	2800	4200	5600	7000	8400
1750	1598	3196	4794	6392	7990	9588
2000	1795	3591	5385	7180	8975	10770



FUENTES DE INFORMACIÓN

-  *El ABC de las instalaciones eléctricas industriales*
Enriquez Harper, Gilberto.
Preedición
Edit. Limusa
México, DF. 1985.

-  *Instalaciones electricas practicas*
Onesimo Becerril.
11ª Edición
Edit. Libros Hector Pacheco

-  *Manual de equipos eléctricos*
Enriquez Harper, Gilberto.
1ª Edición
Edit. Limusa
México, DF. 2008.

-  *Tratado de electricidad, Tómo II: Corriente alterna*
L Dawes, Chester.
Decima tercera edición
Edit. Ediciones G. Gili, S.A. de C.V.
México, DF. 1991.

-  *Reparacion de motores electricos*
Robert Rosenbert
Ed. gustavo gili

