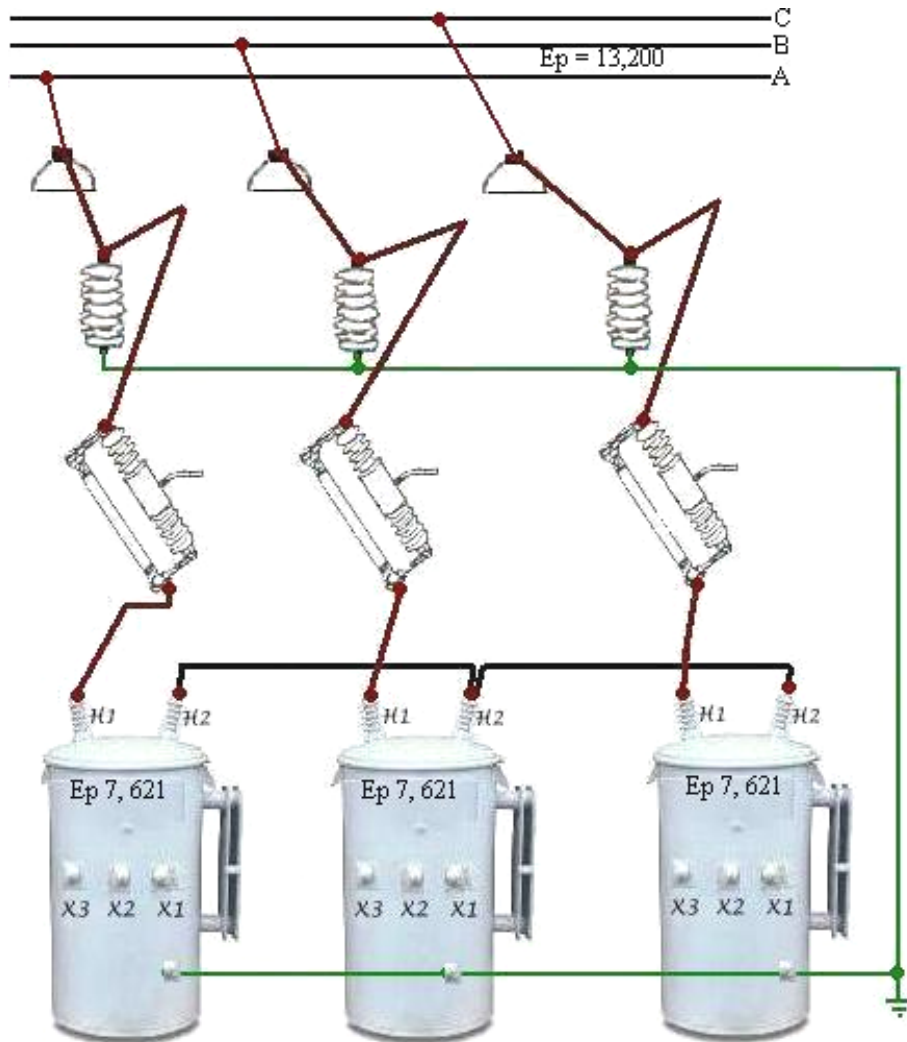


**Estrella primaria 3φ.**



Cuando el voltaje en el lado primario del transformador, multiplicado por 1.732 es igual al voltaje de las líneas primarias, la combinación se realizara en estrella primaria. Esta combinación en 3φ usa siempre 3 transformadores del mismo tamaño en KVA.

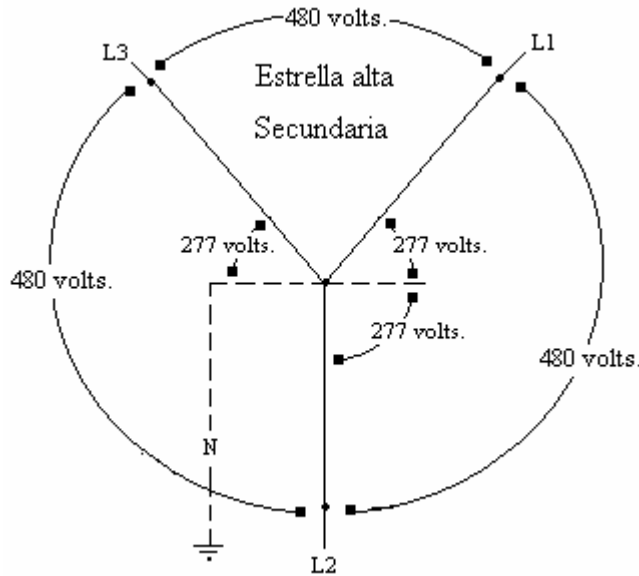
La placa del transformador dice: Voltaje en Y = 7,621 voltios.  
 $7,621 \times 1.732 = 13,200$ , este debe ser el voltaje en las líneas primarias.

**Nota:** La estrella **primaria** en bancos trifásicos solamente será permitida en casos especiales, previa consulta con la AEE.

**Propiedades de la combinación Y secundaria.**

El voltaje secundario en un banco de transformadores, será determinado por la carga que se le conectará.

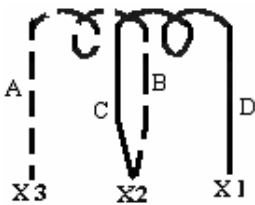
Ejemplo: Una máquina que funciona con 480 voltios 3φ y tiene un sistema de ventilación y de alumbrado que trabajan con 277 voltios 1φ.



Mirando el dibujo con atención se puede observar, que la estrella secundaria en alta, provee los voltajes requeridos para esta maquinaria.

En este arreglo el voltaje trifásico entre líneas es de 480vac y el voltaje monofásico medido desde el neutro a cualquier línea viva es de 277vac\*

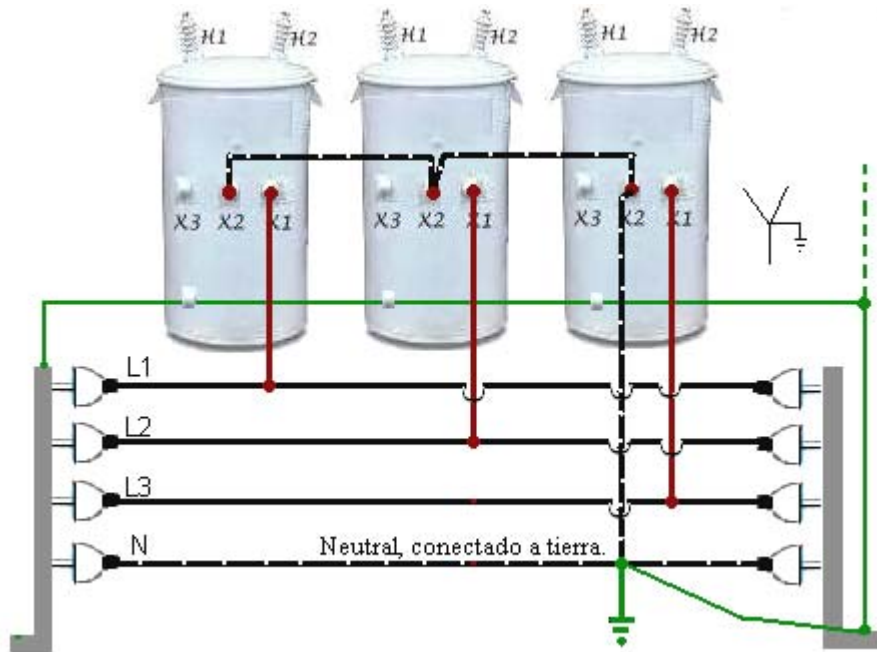
El punto donde el neutro se conecta con las tres bobinas del sistema, se llama punta estrella.



En este arreglo, estrella secundaria en alta, las bobinas del transformador están combinadas en serie.

\*(vac) "Volts of Alternating Current" Voltaje de corriente alterna.

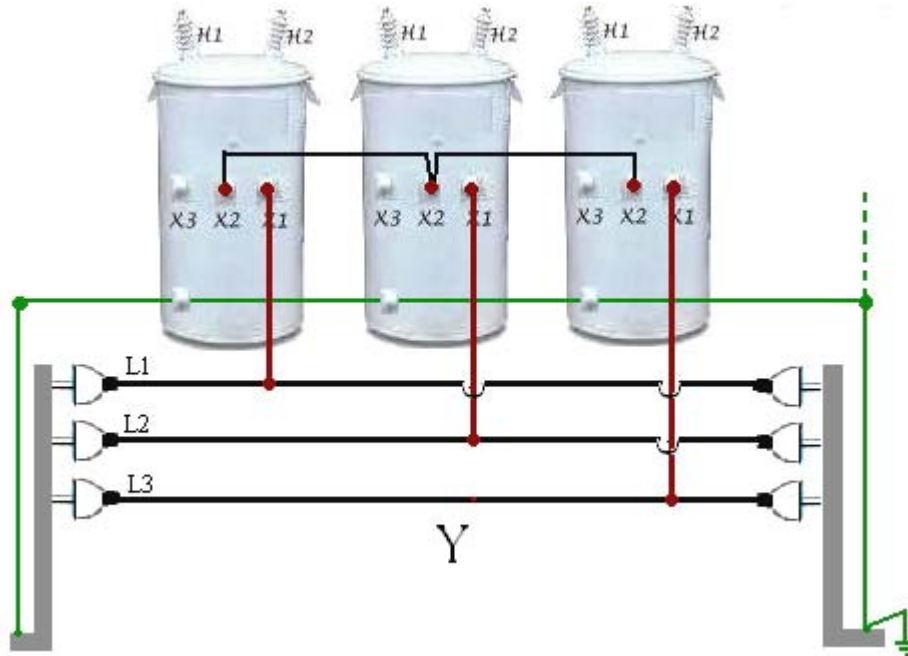
**Estrella secundaria en alta, 4 hilos 3φ.**



Estrella 4 hilos en alta.			
Relación de voltajes			
L 1	y	Neutral	277 v
L 2	y	Neutral	277v
L 3	y	Neutral	277v
L 1	y	L 2	480v
L 1	y	L 3	480v
L 2	y	L 3	480v
El voltaje entre líneas es 480v			
Bobinas sec. están en serie.			

Cuatro hilos, L1, L2, L3 y el conductor neutral.

**Estrella secundaria en alta, 3 hilos.**



Estrella 3 hilos en alta.			
Relación de voltajes			
L 1	y	L 2	480v
L 1	y	L 3	480v
L 2	y	L 3	480v
El voltaje entre líneas es 480v			
Bobinas sec. están en serie.			

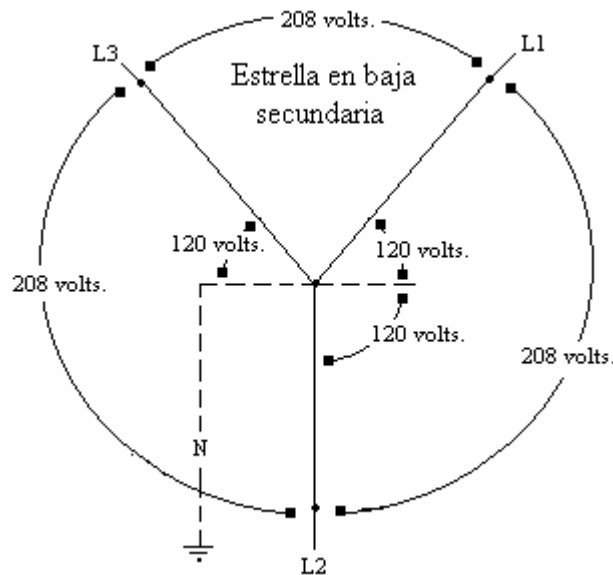
La combinación es a tres hilos, porque no hay conductor neutral.  
Solamente están presentes L1, L2 y L3.

### Estrella en baja 4 hilos 3 $\phi$

Existen en el mercado una gran variedad de maquinarias comerciales e industriales con necesidades de voltajes diferentes.

Por ejemplo: Un acondicionador de aire que funciona con voltaje 3 $\phi$  208 voltios, se instalará conjuntamente con luminarias y equipos de computadoras a 120 voltios 1 $\phi$ .

Como puede observar en el diagrama, esta es la única combinación que provee estos dos voltajes.



**Observe:** El voltaje de una línea a cualquiera otra, es de 208vac.  
El voltaje desde el neutral a cualquier línea, es de 120vac.

En una estrella en alta y una estrella en baja, la diferencia es la forma en que se combinan las bobinas del lado secundario del transformador para conseguir los voltajes deseados.

En alta las bobinas están combinadas en serie.

En baja están combinadas en paralelo.

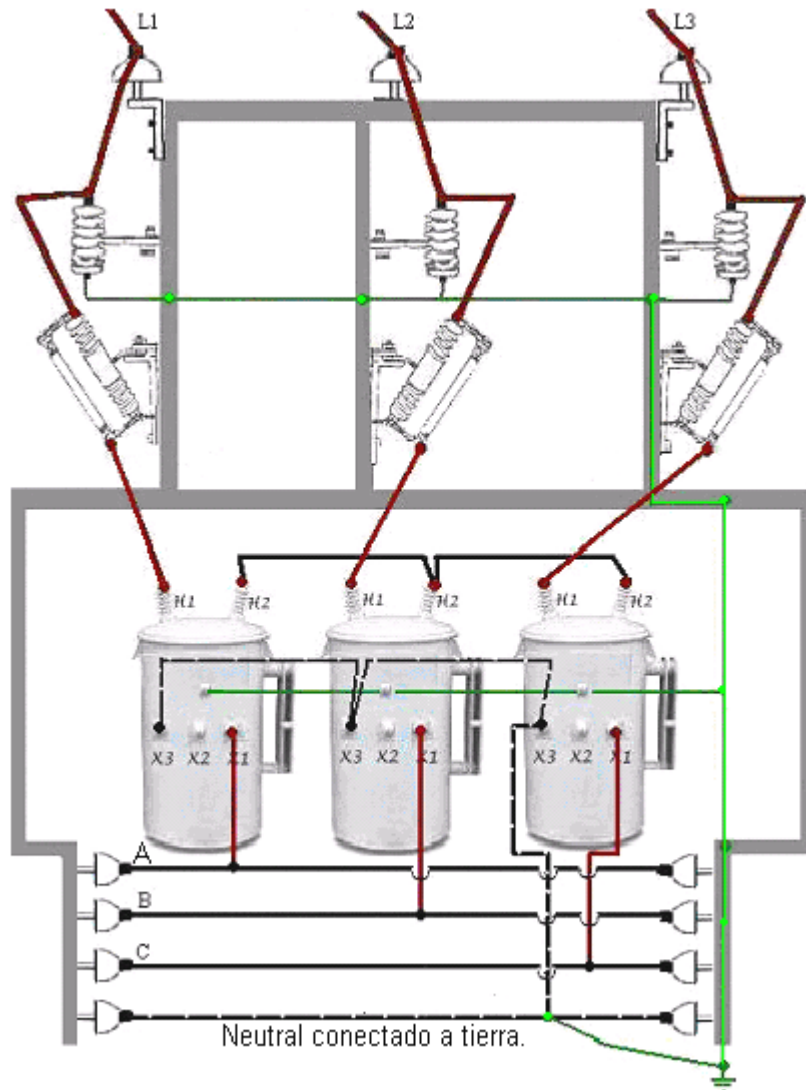
**Esta es la relación de voltajes, en una estrella baja 4hilos, 3φ.**

Estrella 4 hilos, en baja.			
Relación de voltajes			
L 1	y	Neutral	120 v
L 2	y	Neutral	120v
L3	y	Neutral	120v
L 1	y	L 2	208v
L 1	y	L 3	208v
L 2	y	L3	208v
El voltaje entre líneas es 208v			
Bobinas sec. están en paralelo.			

**Esta es la relación de voltajes, en una estrella baja 3hilos, 3φ.**

Estrella 3 hilos, en baja.			
Relación de voltajes			
L 1	y	L 2	208v
L 1	y	L 3	208v
L 2	y	L3	208v
El voltaje entre líneas es 208v			
Bobinas sec. están en paralelo.			

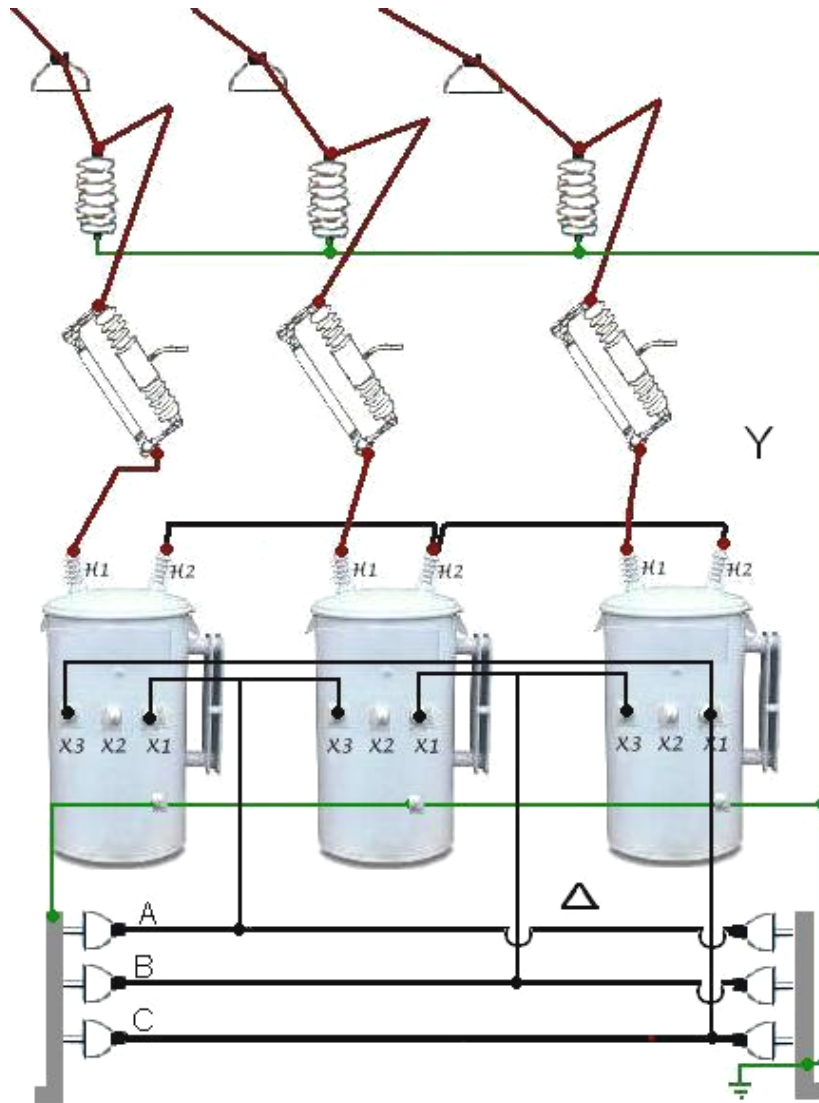
Estrella, Estrella alta 4 hilos 3 $\phi$ .



Esta conexión es de poco uso, pero cuando se realiza, es necesario conectar el neutral primario del banco, al neutral del sistema y el neutral secundario directamente a tierra. La conexión estrella-estrella más peligrosa es, la que aísla el neutral primario y lleva a tierra el neutral secundario. Esta conexión produce interferencia en los sistemas electrónicos.

**Nota:** La estrella **primaria** en bancos trifásicos solamente será permitida en casos especiales, previa consulta con la AEE.

**Estrella, Delta**



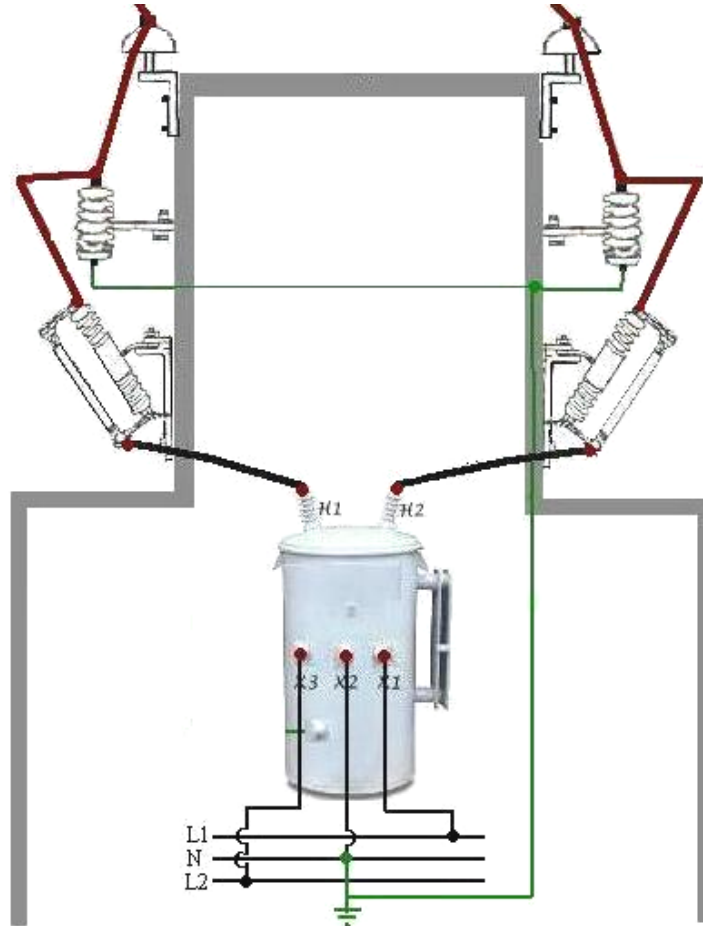
La mejor conexión en el sistema Estrella-Delta se consigue cuando no se conecta a tierra ni al neutral de la secundaria ni el neutral de la primaria. Si el neutral de la estrella se conecta a tierra, un fusible primario abierto, o una avería en una de las unidades hará que el banco opere en estrella abierta- delta abierta, si el banco opera a plena carga podría quemarse. Los transformadores deben estar en el mismo "Tap". Los cascos de los transformadores deben llevarse a tierra.

**Nota:** La estrella **primaria** en bancos trifásicos solamente será permitida en casos especiales, previa consulta con la AEE.



### Conexión delta primaria monofásica.

Cuando el voltaje en la placa del transformador es igual al voltaje de la línea primaria, el transformador se conectará en **delta monofásica**.

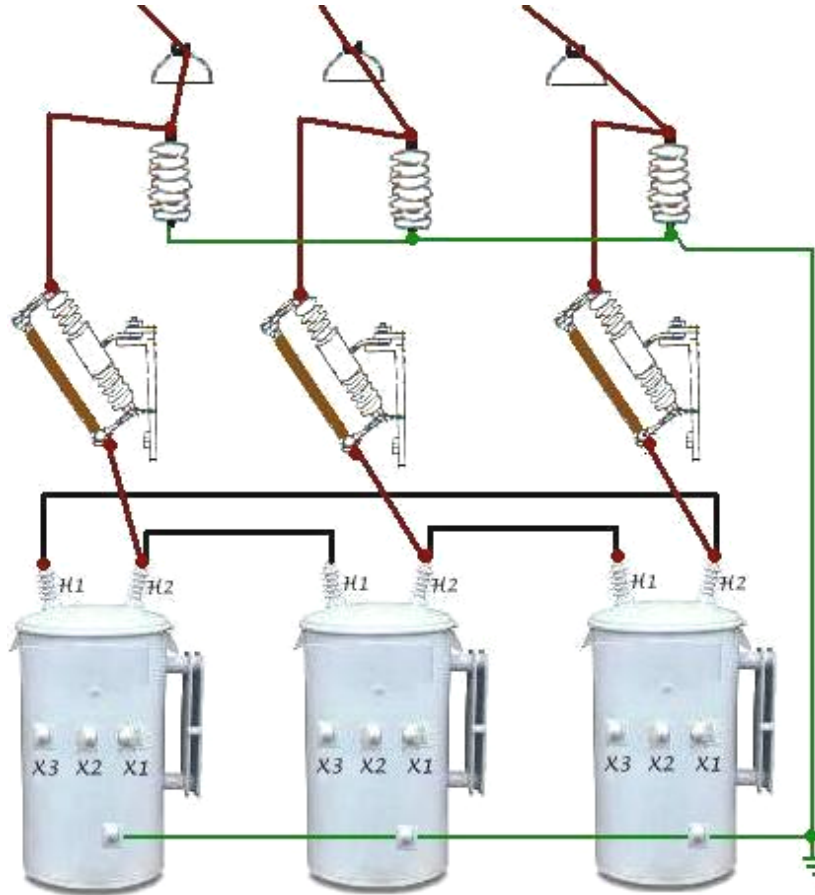


En este transformador la placa lee 4,160 voltios y el voltaje primario de línea a línea es 4,160 voltios. Los dos voltajes, el del transformador y el de las líneas primarias coinciden. El lado secundario está combinado para servicio monofásico 120/240 voltios.

La salida de los pararrayos, el neutro secundario y todo metal en la periferia del transformador, deben ser conectados al electrodo de tierra del sistema.

Esta instalación requiere un pararrayo y un fusible por cada línea viva conectada al transformador.

**Delta primaria 3 $\phi$ .**



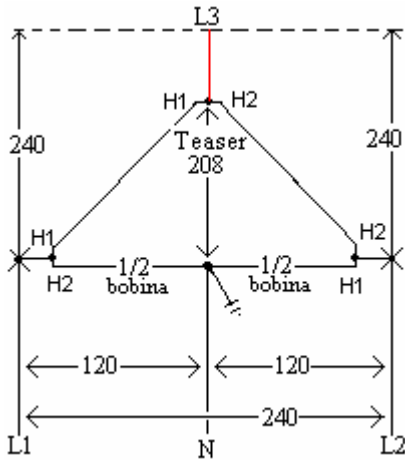
Cuando el voltaje que indica la placa del transformador para el lado primario, es igual al voltaje que sirven las líneas eléctricas de distribución, entonces la combinación de los transformadores será conectada en delta.

Lado primario del transformador es 4,160v.

El voltaje de las líneas primarias es 4,160 v

**Propiedades de la combinación delta baja 4 hilos 3φ.**

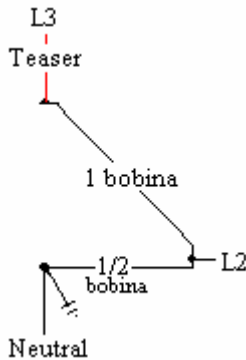
Esta compuesta por dos transformadores del mismo tamaño y un tercer transformador colocado típicamente en el centro. Este transformador de mayor capacidad, tiene el “tap” del centro, conectado a tierra y de ese mismo punto, sale el neutral del sistema. Como la bobina esta dividida a la mitad, por el conductor neutral, entonces a cada lado del neutral, hay solamente media bobina con referencia a L1 y L2.



Partiendo desde el neutral, en cualquier dirección, a la izquierda o la derecha, notaremos que hay media bobina, del neutral a la línea más cercana y una bobina completa de esta línea hasta L3, para sumar bobina y media desde el neutral hasta L3.

Lógicamente como este transformador fue comprado para suplir 240vac, entre L1 y L2, el voltaje de neutral a cualquiera de estas líneas será la mitad del voltaje total.  $240\text{vac} \div 2 \text{ medias vueltas} = 120\text{vac}$ .

La relación entre L1, L2 Y L3 es de una bobina completa en cualquier dirección, de modo, que el voltaje de línea a línea será de 240vac.



Este sistema fue diseñado para voltaje 240 3φ y voltaje 120 1φ pero como consecuencia de la distancia entre el neutral y L3, bobina y media, surge un voltaje accidental, que no es parte del diseño.

Para **no** usar el neutral con L3, marcamos esta línea en color anaranjado “teaser”

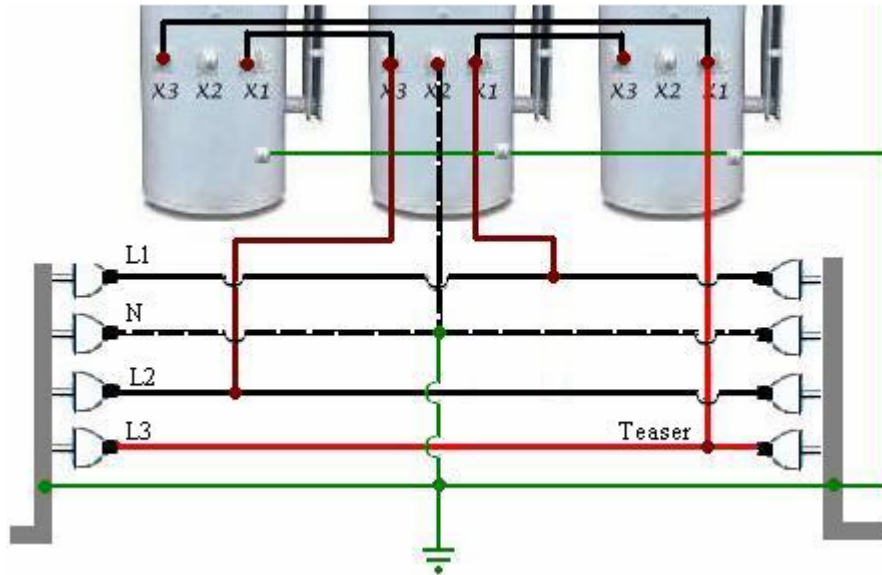
NEC.96 sección 215-8 y 230-56.

El voltaje entre el neutral y L3 será:  $120 \times 1.732 = 207.84 \text{ vac}$ .

Redondeamos a **(208 “Teaser”)**

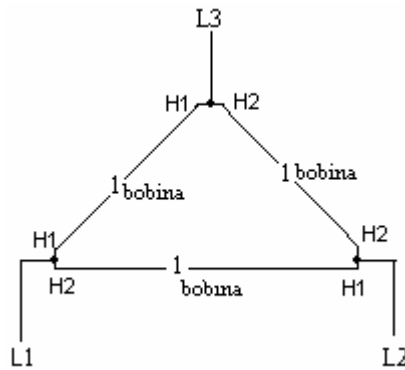
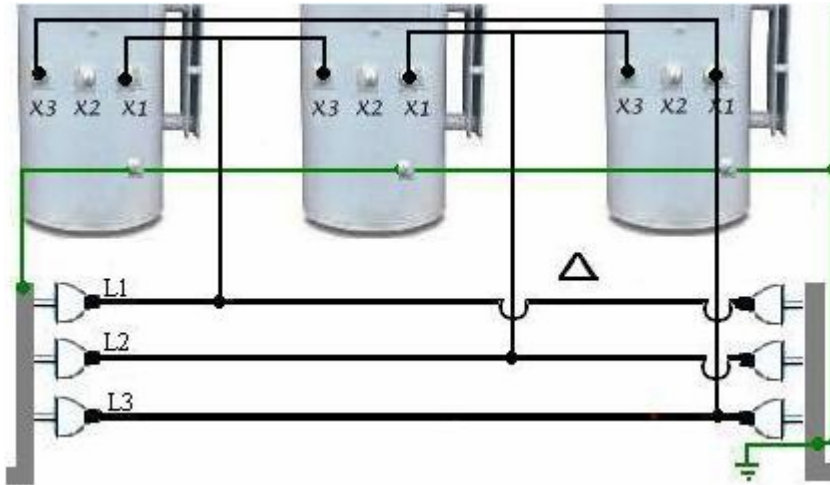
El “teaser”, es el conductor más lejos del neutral

**Delta secundaria 4 hilos en baja.**



Delta cerrada 4 hilos, en baja.			
Relación de voltajes			
L 1	y	Neutral	120 v
L 2	y	Neutral	120v
L3	y	Neutral	208v T
L 1	y	L 2	240v
L 1	y	L 3	240v
L 2	y	L3	240v
El voltaje entre líneas es 240v			
Bobinas combinadas en serie			

**Delta secundaria 3 hilos en alta.**

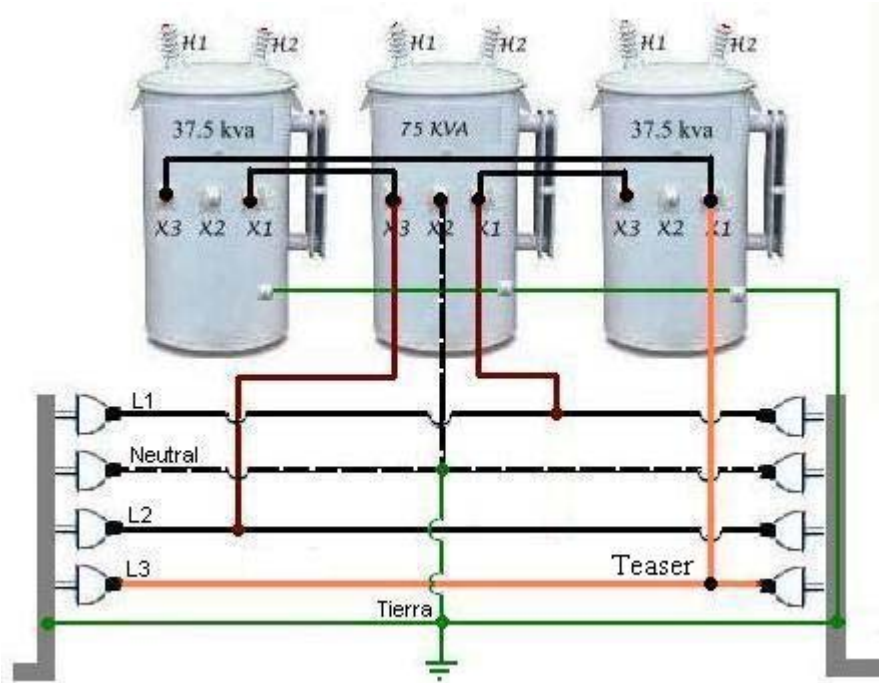


Delta cerrada 3 hilos, en alta.			
Relación de voltajes			
L 1	y	L 2	480v
L 1	y	L 3	480v
L 2	y	L 3	480v
El voltaje entre líneas es 480v			

En una delta secundaria 3 hilos, en alta o en baja, no hay un conductor neutral conectado al sistema.

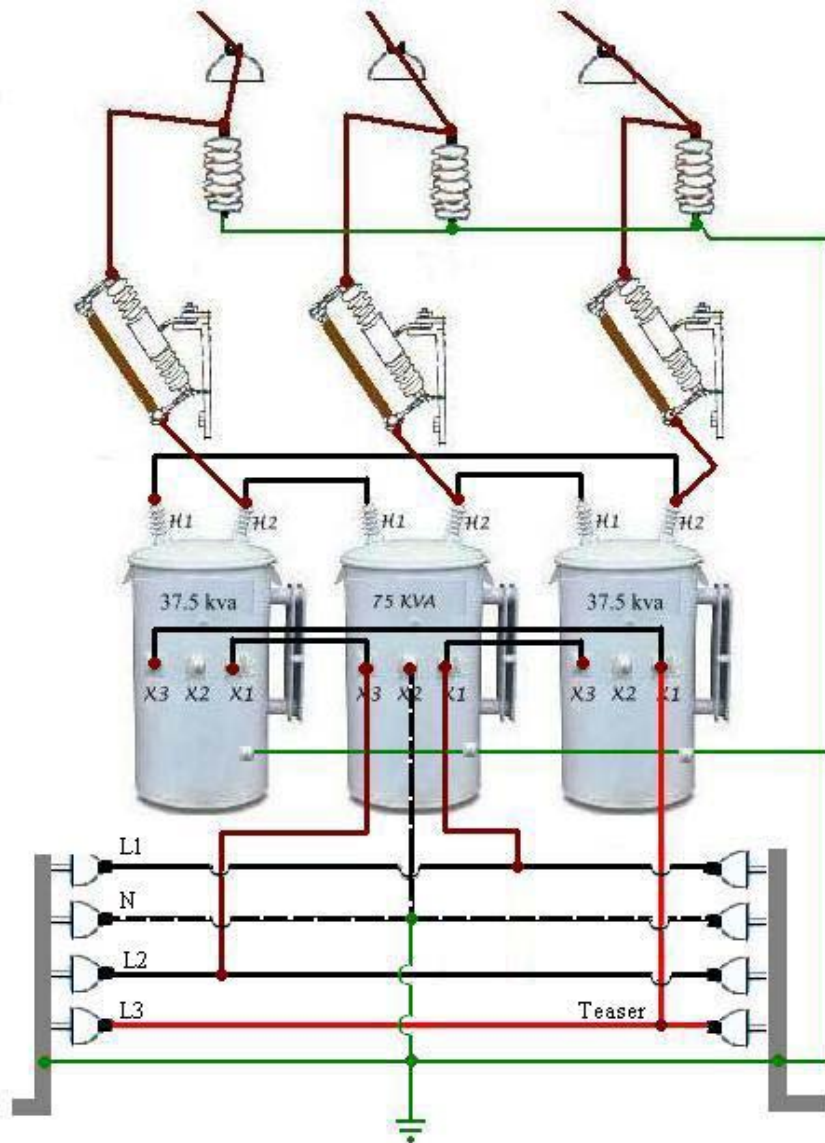
Como **no hay** conductor neutral, no hay “teaser”

**Delta secundaria 4 hilos en alta.**



Delta cerrada 4 hilos, en alta.			
Relación de voltajes			
L 1	y	Neutral	240 v
L 2	y	Neutral	240v
L 3	y	Neutral	416v T
L 1	y	L 2	480v
L 1	y	L 3	480v
L 2	y	L 3	480v
El voltaje entre líneas es 480v			
Bobinas secundarias en serie			

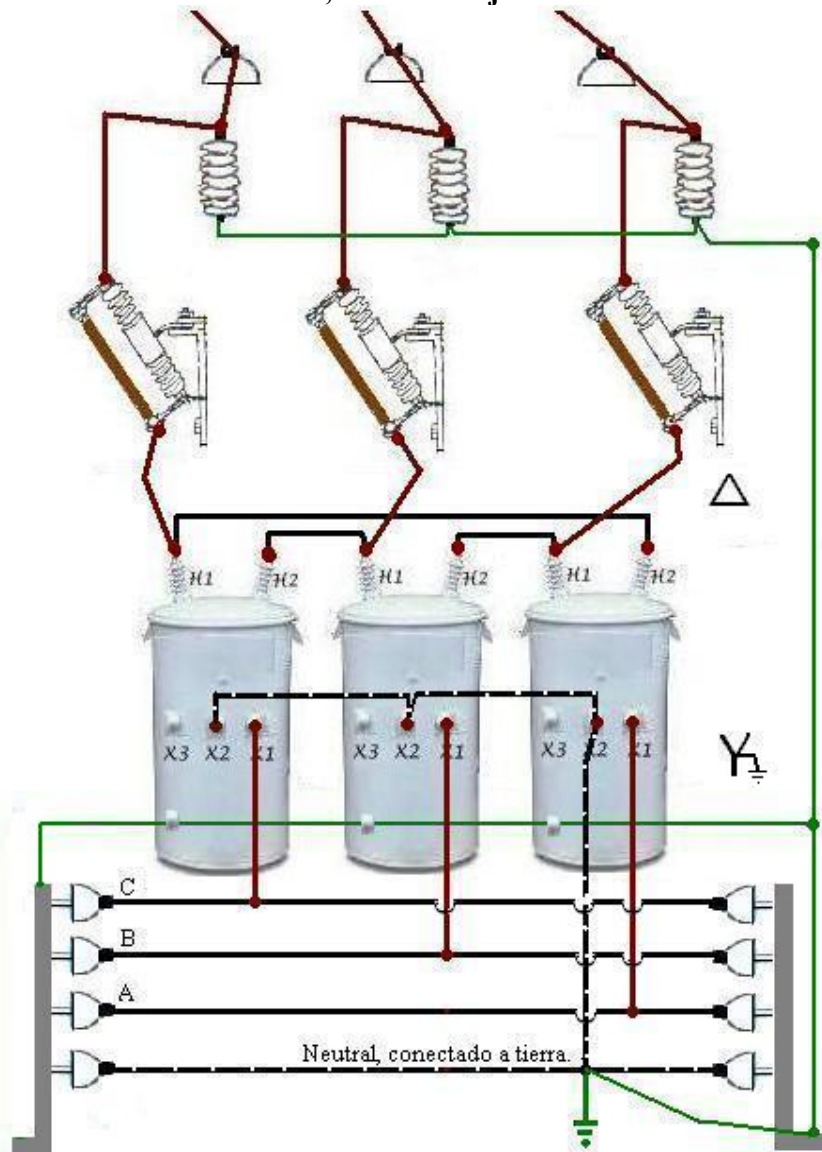
**Delta, Delta 4 hilos.**



Esta conexión es usada para suplir cargas trifásicas grandes, combinadas con cargas monofásicas pequeñas. Uno de los transformadores, usualmente el del medio, tiene el “Tap” central conectado a tierra.

Los tanques conjuntamente con cualquier otro metal en la periferia del sistema deben estar conectados a tierra. Los transformadores para la combinación delta alta o baja, deben ser “Custom made” comprados a la orden.

**Delta, Estrella baja 4 hilos.**

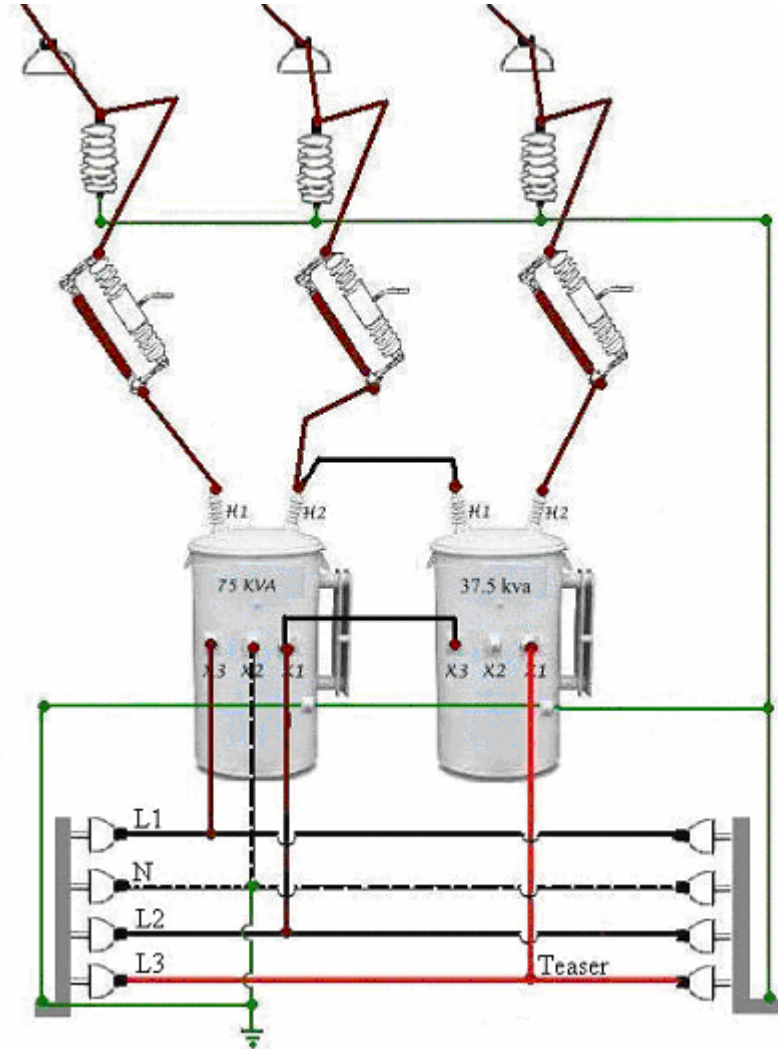


La salida del voltaje monofásico tiene buena regulación y el resultado del voltaje trifásico es excelente. En esta conexión las unidades deben tener la misma capacidad. El neutral de la secundaria y los cascos de los transformadores, conjuntamente con cualquier otro metal en la periferia, deben estar conectados a tierra. Una avería en cualquier unidad incapacita el banco y puede quemar motores trifásicos que no fueron protegidos debidamente.

La carga monofásica debe estar balanceada en las tres fases.



**Delta abierta, Delta abierta, 4 hilos**



Esta conexión se usará cuando la carga monofásica (120-240V) sea grande comparada con la carga trifásica, normalmente se usan transformadores con capacidades diferentes. Si el banco de transformadores sirve cargas trifásicas solamente, el neutral secundario no debe conectarse a tierra. Pero se deberá conectar el casco a tierra en todo momento.

Si el banco sirve cargas monofásicas de 120 voltios, el neutral secundario tiene que llevarse a tierra.

No deben usarse motores trifásicos con capacidades mayores de 15 hp en esta conexión.

**Delta abierta.**

La carga monofásica que se conecte en éste arreglo no debe ser mayor que la diferencia entre las capacidades en KVA de los transformadores.

Ejemplo 1:

Un banco de transformadores con un transformador de 75 KVA y un transformador de 25 KVA:

$$\text{Carga monofásica} = 75 - 25 = 50 \text{ KVA}$$

La carga trifásica máxima, que podrá conectarse a éste sistema es la capacidad del transformador más pequeño en KVA, por 1.732.

Ejemplo 2:

Un banco de transformadores con un transformador de 75 KVA y un transformador de 25 KVA:

$$\text{Carga trifásica} = 25 \times 1.732 = 43.3 \text{ KVA}$$

Ejemplo 3:

Un banco de transformadores con un transformador de 25 KVA y un transformador de 10 KVA:

$$\text{Carga monofásica} = 25 - 10 = 15 \text{ KVA}$$

$$\text{Carga trifásica} = 10 \times 1.732 = 17 \text{ KVA}$$

Ejemplo 4:

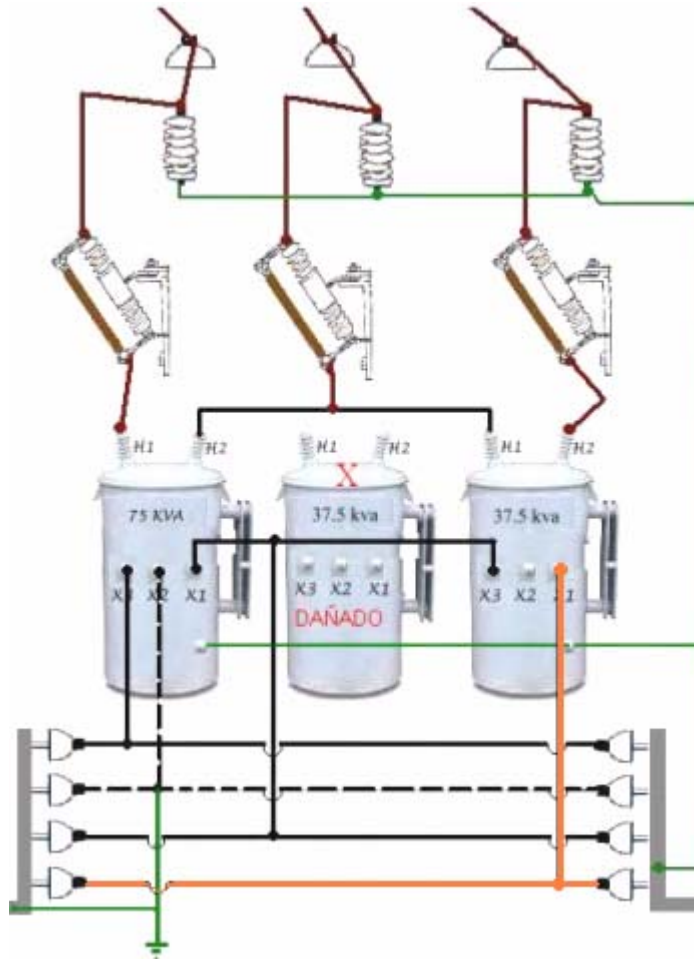
Un banco de transformadores con un transformador de 75 KVA y un transformador de 37.5 KVA:

$$\text{Carga monofásica} = 75 - 37.5 = 37.5 \text{ KVA}$$

$$\text{Carga trifásica} = 37.5 \times 1.732 = 64.65 \text{ KVA}$$

### Transformador dañado en una delta cerrada.

1. Cuando en una delta cerrada que ha estado en funcionamiento se le avería un transformador, aún podemos continuar corriendo el sistema, si retiramos el transformador averiado y re combinamos el banco de transformadores en delta abierta.



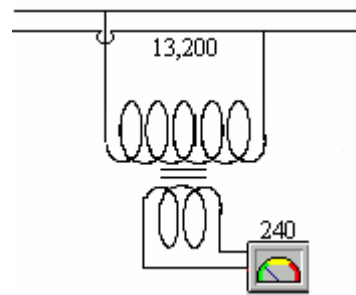
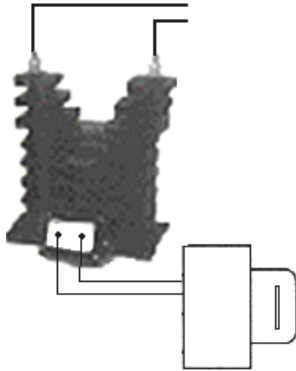
Antes de poner en operación el nuevo arreglo en delta abierta, debemos tomar en cuenta lo siguiente: Al retirar un transformador, la capacidad resultante en KVA será  $1 \div \sqrt{3} \times 100 = 1 \div 1.732 \times 100 = 57.73\%$  de la capacidad original. El resultado final es, que tendrá que retirar alguna carga del sistema antes de energizarlo.

Si el transformador averiado fuere el de mayor capacidad en el sistema, entonces la carga monofásica quedaría totalmente fuera de servicio.

### Transformadores de potencial. (PT)

Los transformadores de potencial, (Diferencia de potencial) funcionan bajo los mismos principios de transformación que hemos estudiado, pero son diseñados para mantener una excelente regulación de voltaje. Pueden ser utilizados en múltiples tareas, para suplir cargas en serie o en paralelo, siempre que la suma total de las cargas conectadas no sea mayor que la capacidad del transformador. La capacidad en KVA de estos aparatos no excede de 200va esto es igual .2kva.

$$KVA = \frac{VA}{1,000} = \frac{200}{1,000} = .2kva$$



Todos los días, se comenta acerca de los PT con cierto aire de misterio, como en el tiempo de los griegos. Amigos: son solamente transformadores “Step down” con pocas pérdidas y buena regulación de voltaje, bajan un voltaje alto a uno más bajito para hacer funcionar un equipo o instrumento. El PT es muy común en los bancos de transformadores, donde son utilizados para bajar el alto voltaje de las líneas primarias a uno adecuado para alimentar las bobinas del medidor de KWH.

El ratio dependerá de la relación entre el lado de mayor voltaje y el lado de menor voltaje. Para calcular el ratio estoy tomando los voltajes de la placa, porque las vueltas no podemos verlas ni contarlas a menos que el fabricante nos provea ese dato.

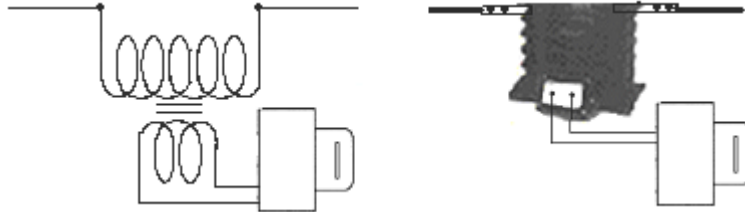
$$Ratio = \frac{E_p}{E_s} = \frac{13,200}{240} = 55 : 1$$

Un terminal primario y otro secundario con la misma polaridad, están marcados en todos los transformadores de instrumentos, usualmente por una marca blanca en los terminales.

Los PT se conectan en paralelo con las líneas de voltaje.

### Transformadores de corriente. (CT)

El CT (Current Transformer) funciona de la misma forma que cualquier otro transformador y con los mismos ratios de transformación. La diferencia es, que el CT **se conecta en serie con las líneas de voltaje**, de manera que podamos controlar la cantidad de corriente que sale por el lado secundario del transformador.



Este sistema de CT tiene una desventaja, hay que cortar las líneas para poner el dispositivo de transformación en serie con ellas. Esta acción crea puntos de resistencia y añade la posibilidad de fallas mecánicas en el sistema.

Para corregir esta debilidad, se inventaron transformadores de corriente que funcionan leyendo el campo magnético del conductor. En este sistema el conductor eléctrico pasa por el centro de la bobina e induce una corriente que es proporcional, al campo magnético que contiene alrededor.

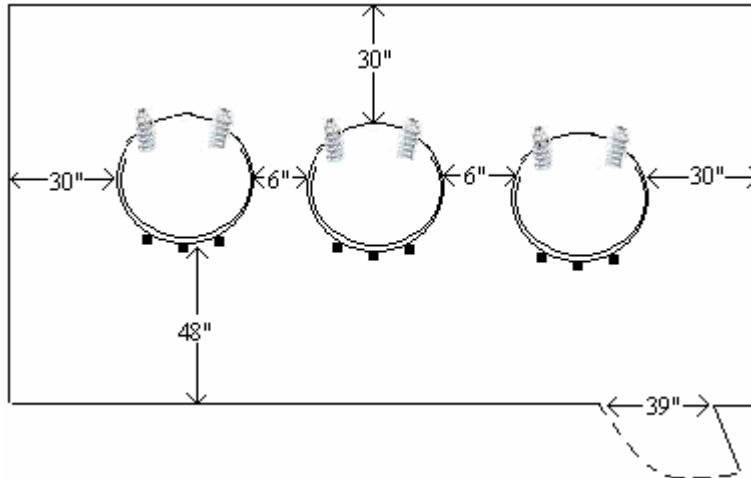


Cuando se desconecta la carga en el lado secundario, pero el lado primario permanece energizado, la corriente primaria se convertirá en corriente de excitación y sobre magnetizará el núcleo hasta el punto crítico, causando que se magnetice permanentemente o en su consecuencia que se quemen las bobinas. Para evitar esto, si el primario está energizado, **se conecta el lado secundario del CT en corto circuito**, cuando no tiene carga conectada.

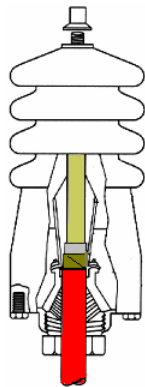
### Subestaciones

Este tipo de trabajo debe cumplir con el **Artículo 450 de NEC** y con el reglamento complementario 1997 al Código Eléctrico Nacional **Sección IX: Especificaciones para la construcción de subestaciones en cuartos para transformadores (Bóvedas) y gabinetes para transformadores "Transclosures" Artículos A, B y C.**

Estas son las distancias mínimas de despejo, para colocar los transformadores dentro de un espacio cerrado.



Reglamento AEE. Sec. IV; **Artículo B:** Cuando la carga calculada para servir cualquier tipo de edificio sea en exceso de 50 KVA, se le requerirá siempre al dueño que construya a su costo, una subestación, independiente de que la facturación sea en primaria o secundaria



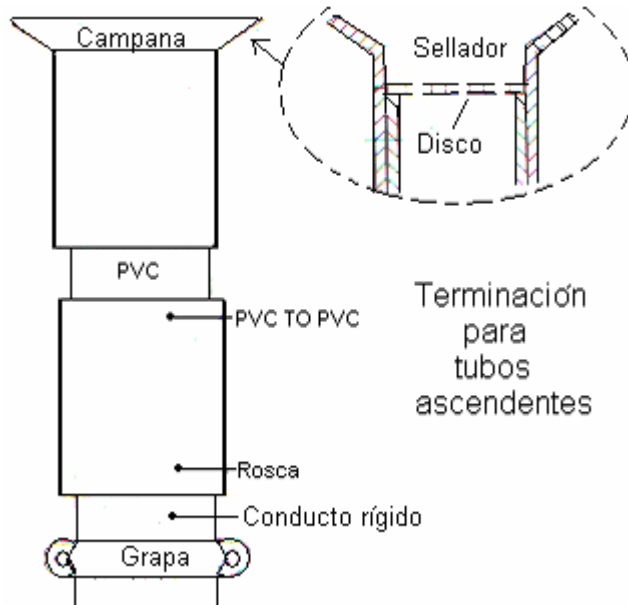
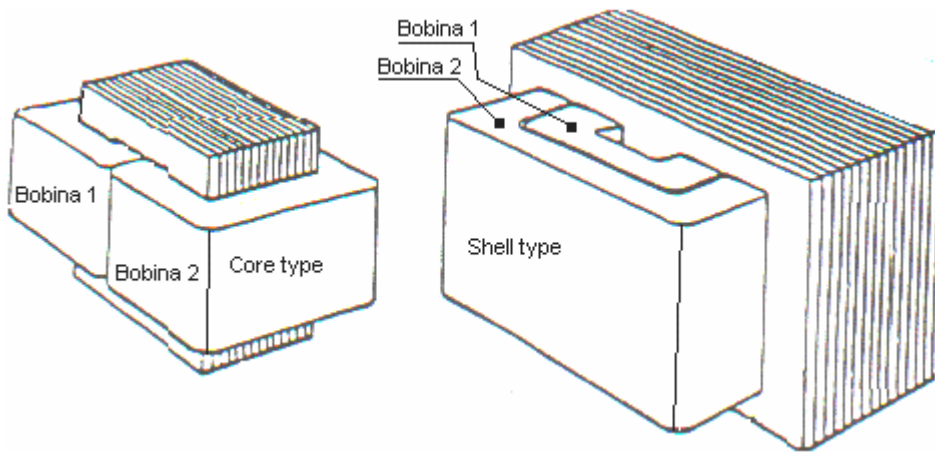
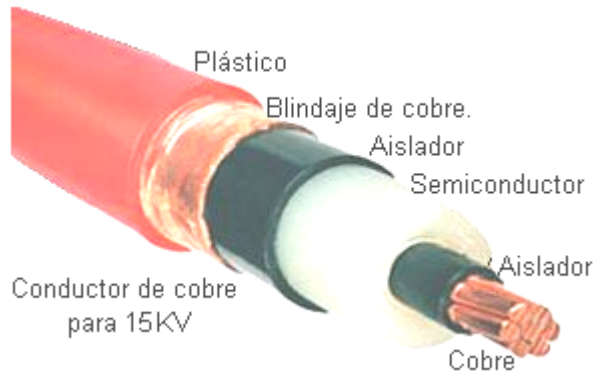
Terminación



Empalme

Todo conductor de alto voltaje deberá terminarse con un (Stress relief cone)

**Otros datos técnicos.**



## Electricidad Moderna

Leer: Reglamento AEE. Sección VII; Artículo K: 1 y 2.

Cuando el gabinete esta instalado en una base de concreto, se pondrán por lo menos cuatro varillas de 5/8" x 8' de acero revestido de cobre, una en cada extremo de la base, interconectadas entre sí con un conductor de cobre desnudo computado de acuerdo a la Tabla 250-94 del NEC.

En este conductor se conectarán los pararrayos y las partes metálicas del gabinete.

El gabinete tendrá un terminal de cobre soldado para la conexión a tierra.

La impedancia máxima en el sistema de tierra no deberá ser mayor de 10 ohmios.

La conexión del conductor y la varilla se hará tipo soldadura. No se permitirá más de un conductor a la varilla de tierra. Las otras conexiones serán con conectadores de compresión.

La puerta de entrada de la bóveda deberá estar conectada al sistema de tierra con un conductor de cobre flexible no menor del #8 AWG.

Leer: Reglamento AEE. Sección V111, Artículo A: 2; 3 y 4.

Todo conductor de alto voltaje deberá estar aislado para 15 KV, aun el voltaje de distribución sea igual o menor de 13,200 voltios.

NEC. 1996. Artículo 310 - (6) Todo conductor que opere a 2, 000 voltios o más requiere blindaje de cinta de cobre.

Todo conductor de alto voltaje deberá terminarse con "Stress relief cone"

Los conductores de alto voltaje deben tener aislamiento de polietileno de cadena entrecruzada retardante de arborescencia XLPETR o de goma de etileno propileno EPR.

Recuerde que todos los metales en la periferia del gabinete deben estar conectados sólidamente a tierra.