

ASPECTOS CONSTRUCTIVOS SOBRE LOS TRANSFORMADORES

El transformador industrial es entonces un aparato que suministra por su secundario una potencia, merced a la potencia que ingresa por su primario. Tratándose de corrientes alternadas, lo más adecuado para determinar la capacidad de un transformador es su potencia aparente, ya que la potencia activa depende del factor de potencia de la carga. Es por ello que las normas indican como *potencia nominal* a la que resulta I de multiplicar la intensidad de corriente secundaria nominal por la tensión secundaria nominal de funcionamiento a plena carga, siendo en consecuencia la potencia aparente que puede entregar el secundario en el régimen de servicio que establezca el fabricante. Dicho valor se mide en voltamper $V A$, o más frecuentemente, en kilovoltamper kVA .

El transformador, como toda máquina tiene pérdidas que se transforman en calor que es necesario evacuar, y es por esto que existe una clasificación de acuerdo a la *forma de refrigeración*, en la forma que sigue :

-*Refrigeración natural en aire*. Se usa para pequeñas potencias o máquinas de funcionamiento temporario.

-*Refrigeración forzada en aire*. Uno o más ventiladores impulsan aire, que evacúa el calor. Se construyen en potencias no muy grandes, y en aquellos casos en que la máquina irá instalada en lugares en que el aceite resulta peligroso o inadecuado.

-*Refrigeración natural en aceite*. Es el sistema más empleado. Todo el transformador está sumergido en un tanque especial conteniendo aceite libre de humedad. Por corrientes internas de convección, el aceite se mueve en el tanque y retira el calor interno hacia las superficies exteriores.

-*Refrigeración en aceite con circulación de agua*. Son similares a los anteriores, pero la masa de aceite es enfriada por un serpentín recorrido por agua, la que a su vez, se enfría exteriormente a la máquina, por algún medio adecuado.

-*Refrigeración forzada en aceite*. El aceite circula impulsado por una bomba especial, Una vez fuera del transformador se lo enfría mediante refrigeradores especiales.

Salvo los muy pequeños, que no pueden responder a clasificaciones concretas, los transformadores' industriales se clasifican también en:

-*Transformadores de distribución*. Son los que se construyen en potencias pequeñas y medianas, se fabrican generalmente en serie, y con potencias y tensiones normalizadas. Se los destina generalmente para reducir la tensión en redes de distribución.

-*Transformador de poder*. Son de gran potencia y no se fabrican en serie. Se los utiliza para elevar la tensión a la salida de las grandes líneas de transporte de energía, y para reducirla a la llegada.

03 -02. Principales aspectos constructivos.

La figura 03-01 nos muestra el primario arrollado sobre un brazo del núcleo, y el secundario sobre el otro. Esta disposición es la que se adopta para estudiar la teoría de la máquina. Pero en la práctica, la disposición de los bobinados no es esa. Por lo regular la mitad del primario se arrolla en una columna, y la otra mitad en la otra, como se ve en la figura 03-03, y le explica mejor en la 03-04. Con ello se logra una mejor disposición constructiva, y un mejor aprovechamiento del flujo magnético. En otros casos, dos bobinas se ubican sobre el mismo brazo o columna del núcleo, según la figura 03-05. Finalmente, existen transformadores que tienen un núcleo como se muestra en la figura 03-06, en cuyo brazo o columna central, se colocan las dos bobinas. Estos tres tipos de disposición, en su aspecto exterior una vez construidos se ilustran en las figuras 03-07, 03-08 y 03-09.

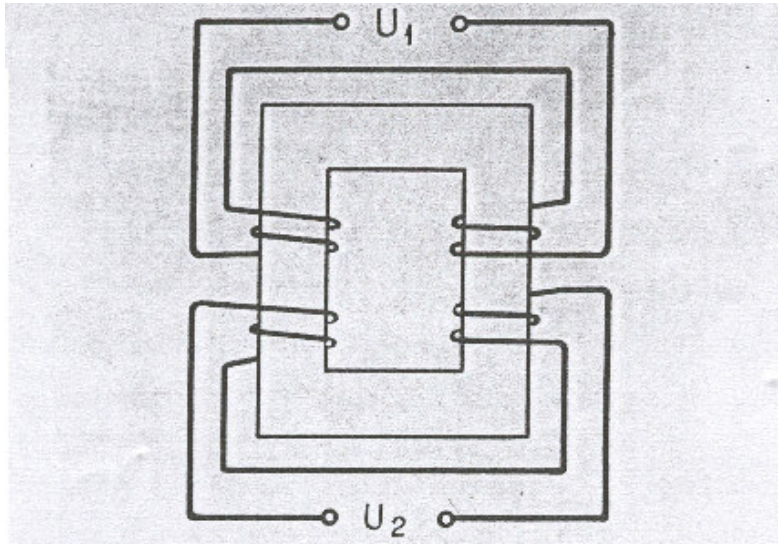


Fig. 03-03

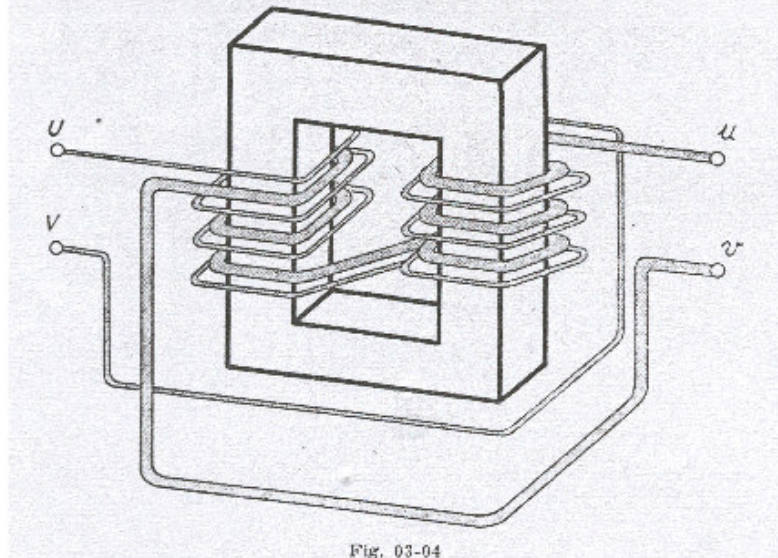


Fig. 03-04

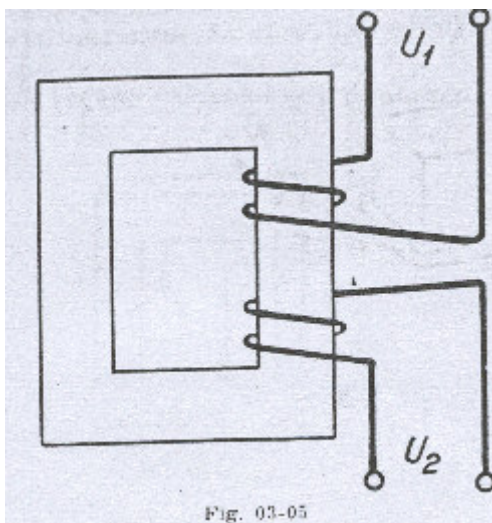


Fig. 03-05

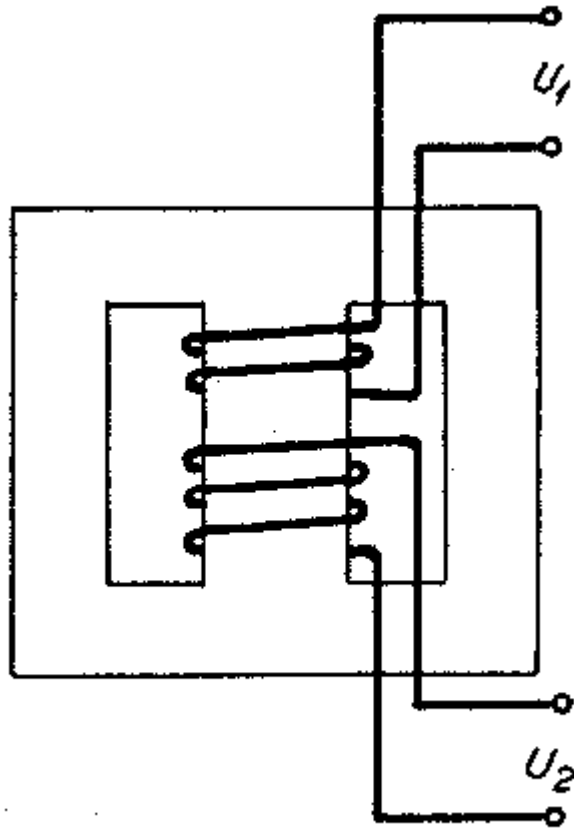


Fig. 03-06

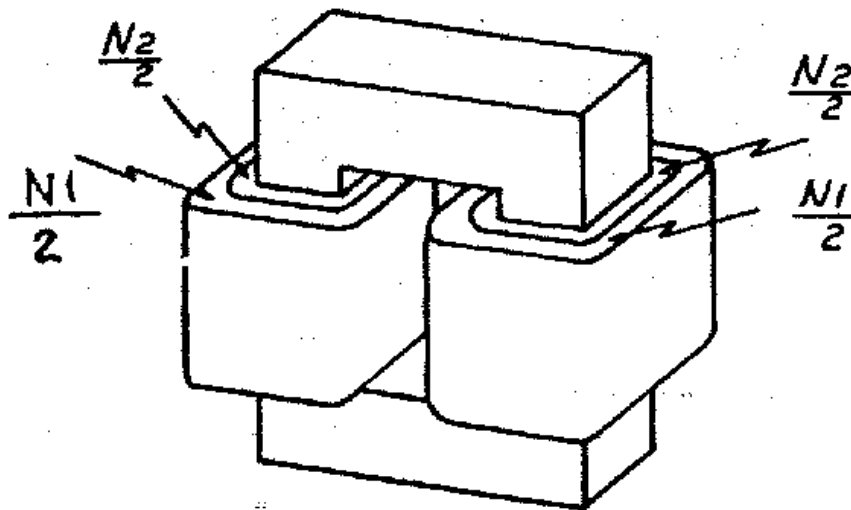


Fig. 03-07

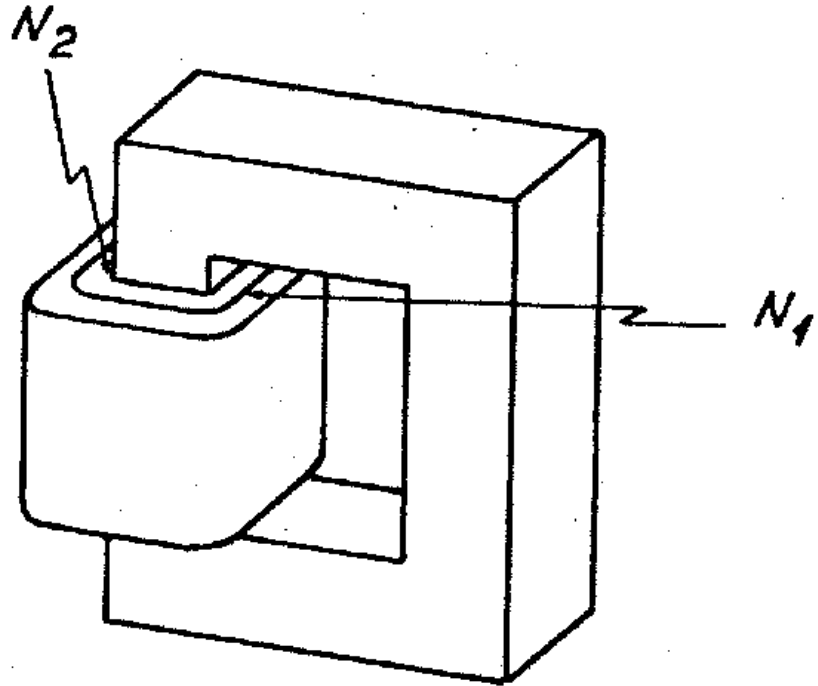


Fig. 03-08

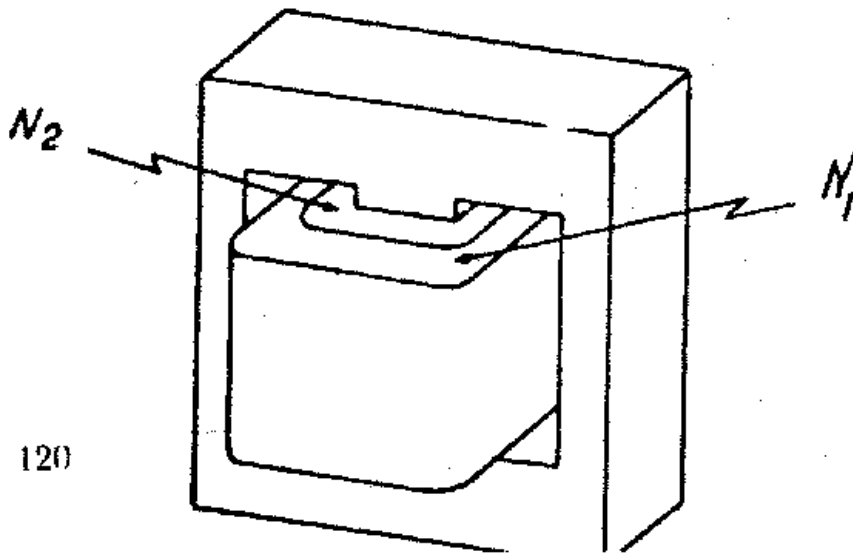


Fig. 03-09

Precisamente, los núcleos que se han mostrado, permiten la clasificación de los transformadores en base a su núcleo, en tipo "ventana" y tipo "acorazado", tal como se ilustra en la figura 03-10 (a) y (b).

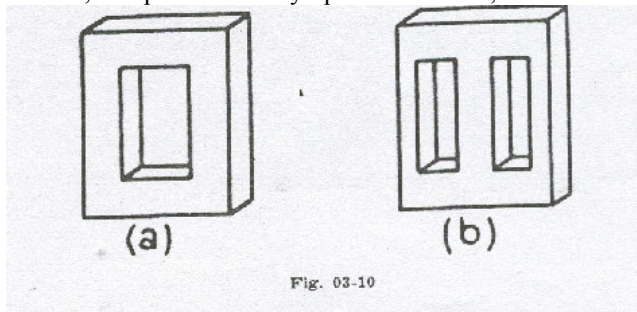
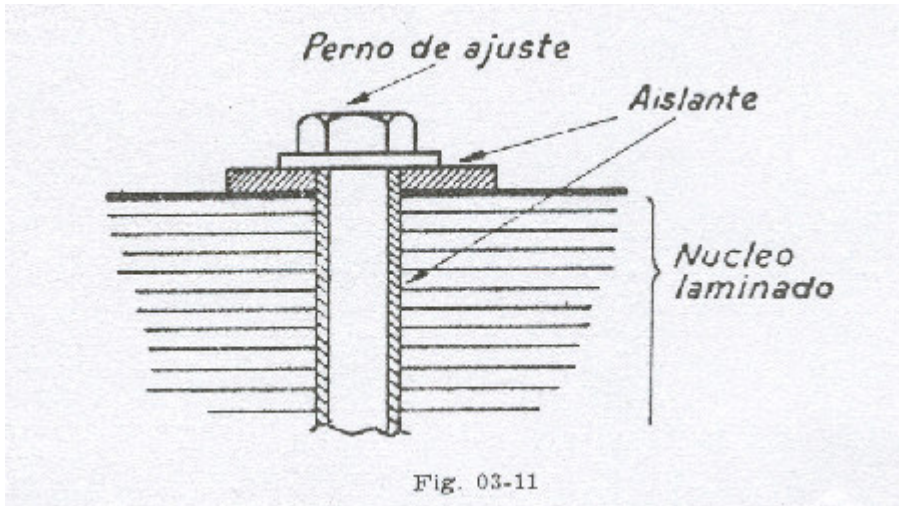


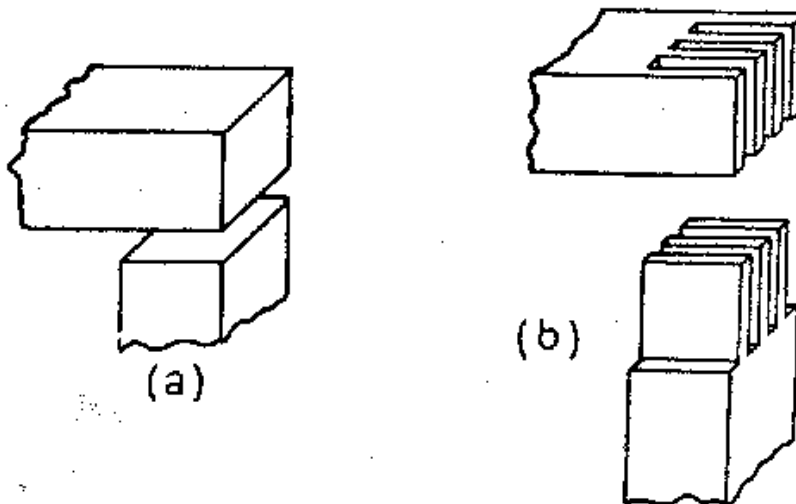
Fig. 03-10

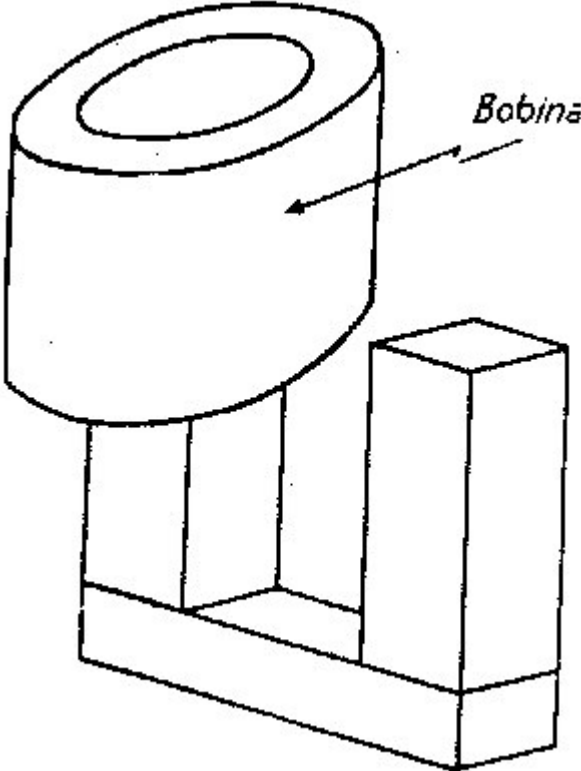
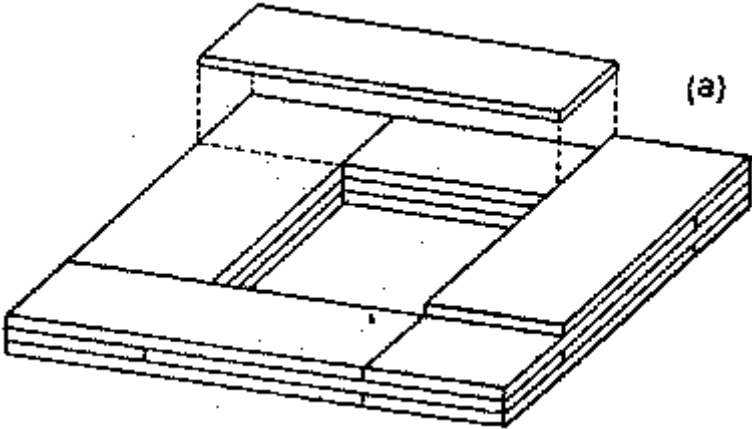
Los núcleos se construyen en chapas de acero al silicio, aisladas entre sí como se han indicado en 01-02-02, y como mostramos en la figura 03-11. Nótese que se procura aislar convenientemente el perno para evitar que sirva de contacto eléctrico entre chapa y chapa, y elimine la eficacia del laminado.



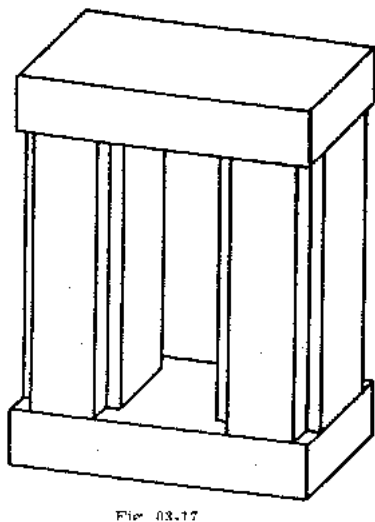
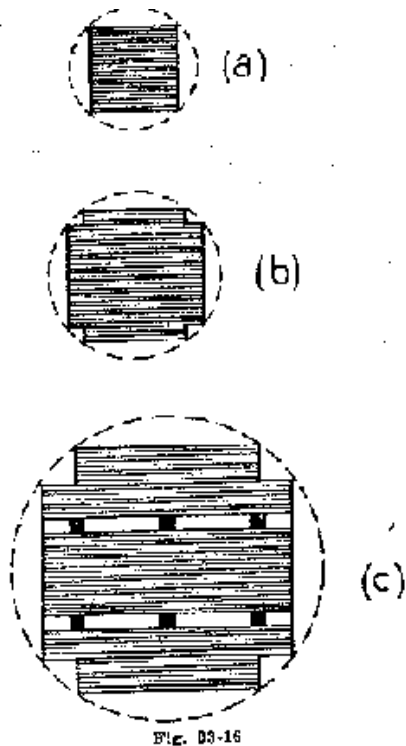
En algunos casos de transformaciones menores, el "paquete" de chapas se envuelve con cintas de algodón, y se sujeta finalmente con alambre. El núcleo de un transformador tipo "ventana" se ilustra en la figura 03-12, en donde se señala la denominación de sus piezas principales.

Los entrehierros que presenta este núcleo (cuatro en total), se pueden construir planos, como se ve en figura 03-13 (a), o entrecruzados como se ve en la parte (b) de la misma figura. En el primer caso se coloca una ligera hoja de cartón especial para eliminar el ruido que producen en dicho entrehierro las fuerzas magnéticas portantes que se originan en forma alternada. El segundo tipo es de mejor calidad, magnéticamente hablando, porque el entrehierro equivalente es de menor valor, y origina una menor caída de tensión magnética. En algunos casos, se recurre al método constructivo que se ilustra en la figura 03-14. En (a) se observa la forma de ir disponiendo las sucesivas chapas de hierro al silicio. Una capa se coloca como indica (b) y la siguiente como (c), y así sucesivamente. Este tipo de entrehierro entrelazado ocasiona una caída de tensión magnética muy baja, y es muy favorable, pero constructivamente da lugar aun método laborioso, que además no se utiliza en unidades grandes por otras razones. Uno de los inconvenientes del sistema de figura 03-14 es que las bobinas que siempre se ejecutan separadamente, no pueden colocarse en el núcleo en la forma simple que se ilustran en la figura 03-15.





Efectivamente, un núcleo de cuatro piezas previamente conformadas permite colocar el yugo inferior, las dos columnas, todas las bobinas, y finalmente el yugo superior. Esta disposición permite además un rápido recambio de bobinas en caso de averías. Refiriéndonos ahora a las columnas en particular, diremos que en las unidades pequeñas se hacen de sección cuadrada, como se ilustra en 03-16(a), pero a medida que aumenta la importancia de la unidad, conviene hacer el núcleo del tipo "en cruz", como se ilustra en (b), a los efectos de adaptar la columna a la forma circular de las bobinas, y evitar al máximo el flujo disperso. En grandes unidades, el núcleo "en cruz" se ejecuta con adecuados canales de refrigeración como se ve en (c), para permitir la evasión del calor producido por pérdidas magnéticas. Todas estas formas constructivas son fáciles de realizar si se piensa que estas columnas se ejecutan con chapas que se van apilando en dimensiones adecuadas, y los separadores son listones de madera especialmente tratada. Un núcleo completo sin bobinas, tiene entonces el aspecto de la figura 03-17. Dado que los yugos y las columnas constituyen piezas separadas, la formación de un conjunto compacto se logra vinculándolas mediante adecuados órganos de fijación. En la figura 03-18 tenemos un ejemplo, logrado con perfiles de acero, y varillas de acero roscadas en los extremos.



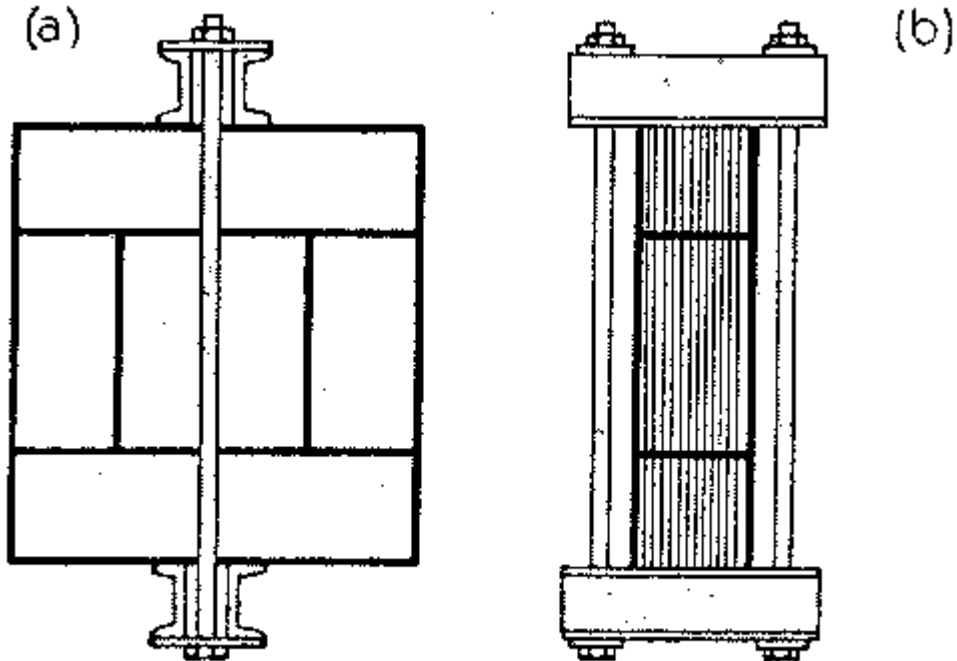


Fig. 03-18

Pasando ahora a las bobinas, diremos que se construyen en cobre electrolítico recocido, aisladas con cinta de algodón. Para secciones del orden de 4 mm² se utiliza sección circular pero para mayores valores, se emplean las secciones rectangulares (fleje de cobre). Las bobinas se ejecutan siempre separadamente, y luego se incorporan al núcleo, como se ilustran en la figura 03-15. Las bobinas se ejecutan preferentemente en dos tipos: "cilíndricas", como se ilustra en la figura 03-19(a), o "galleta" como se observa en la parte (b) de la misma figura.. Las primeras se prefieren para tensiones bajas, y las segundas para tensiones altas, porque es más fácil lograr una adecuada aislación. A su vez, las bobinas de baja tensión se ubican cerca del núcleo y las de alta, más alejadas.

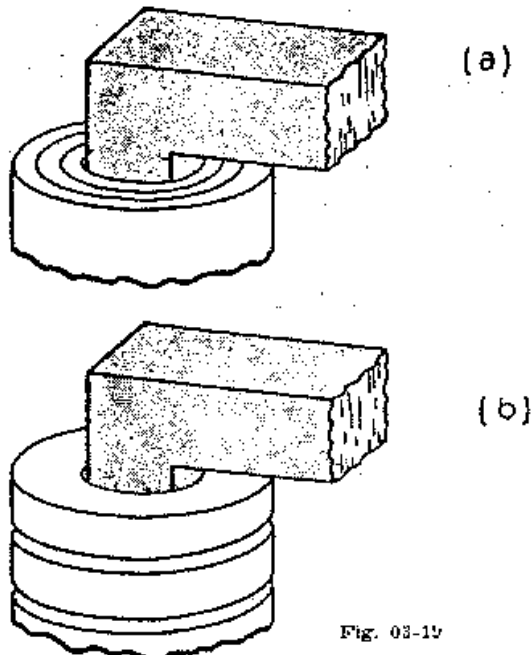


Fig. 03-19

En la figura 03-20 podemos apreciar esquemas de tres disposiciones de bobinas muy características. En la (a) tenemos (en corte, naturalmente) una columna con dos bobinados del tipo "cilindrico". En la (b), el bobinado exterior es "galleta", y en la (c), ambos son galleta". La forma de fijación de la bobina al núcleo es muy variada pero en general, se las apoya en la parte inferior sobre piezas de madera adecuadamente tratada, y con aislaciones que las resguardan, como se ilustra en figura 03-21. Como en la parte superior existen piezas similares. el conjunto queda prensado e inmobilizado. Para fijarlas en el sentido lateral, también se recurre a piezas de madera que vinculan las bobinas al núcleo, como se ve en figura 03-22.

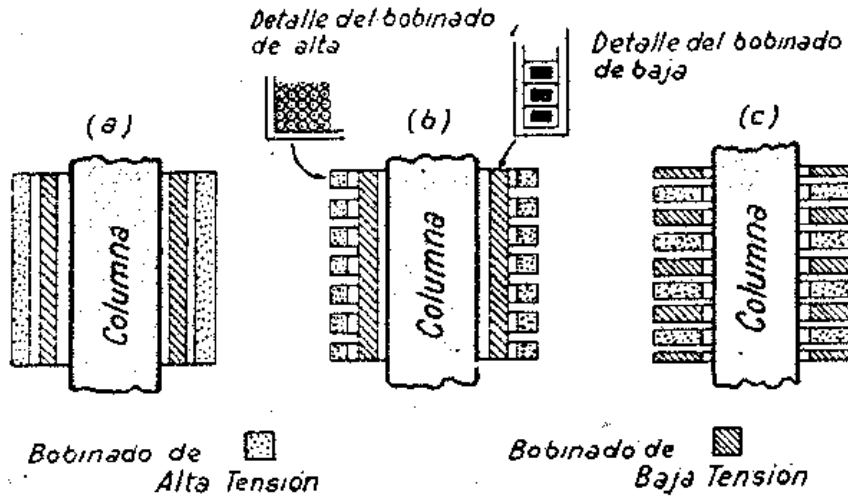


Fig. 03-20

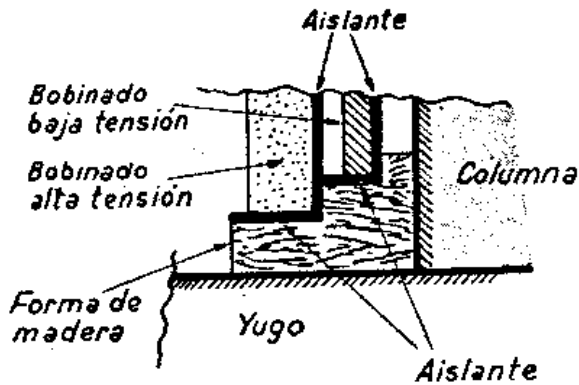


Fig. 03-21

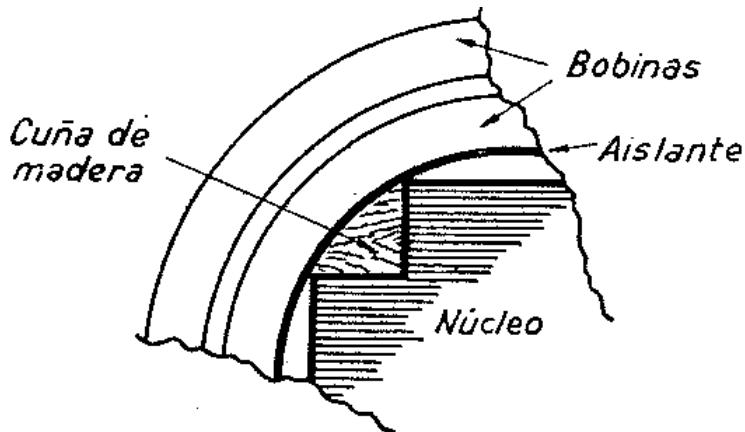
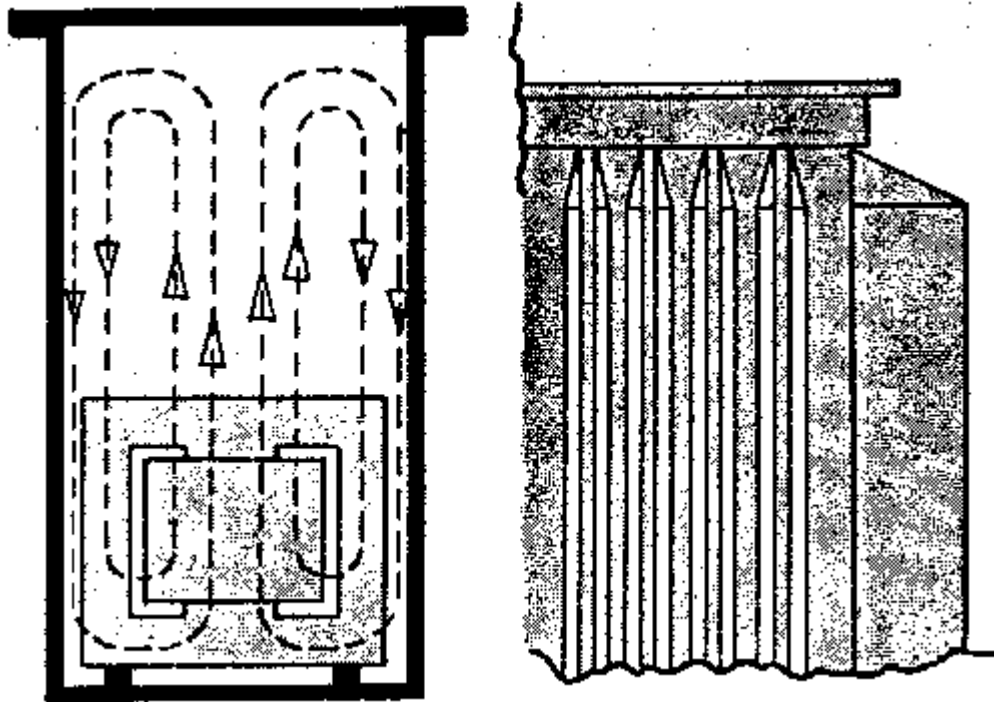


Fig. 03-22

El conjunto núcleo- bobinas está usualmente sumergido en aceite, que cumple la doble función de refrigerante y aislante. Este sistema, que ya hemos visto se llama, refrigeración natural en aceite, es el más empleado. El aceite se calienta por efecto de las pérdidas en el cobre y en el hierro, y se producen corrientes de convección, que se ilustran en la figura 03-23. Para lograr estas condiciones, el transformador propiamente dicho es sumergido en un tanque o cuba, de chapa de acero, que hace de recipiente, y que normalmente es mucho más grande que el transformador mismo, como se muestra en la última figura citada. No obstante, a los efectos de lograr un volumen adecuado, se dota al tanque o cuba de medios que aumentan la superficie en contacto con el medio ambiente.



En la figura 03-24 tenemos un tanque ondulado.

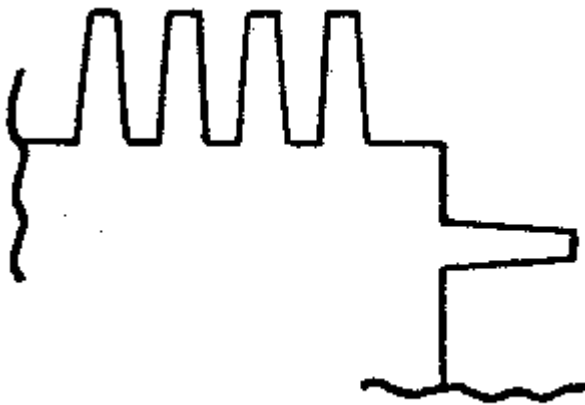


Fig. 03-24

En la 03-25 un tanque con tubos laterales. En la 03-26, un tanque con adecuados radiadores, y finalmente en la figura 03-27, un tanque liso al que se le sueldan trozos de chapa, método éste último empleado en unidades pequeñas de poco precio. De los otros medios de refrigeración, más complicados, ilustramos con las fotografías que se acompañan en estas páginas. Si el transformador está usualmente lleno de aceite, es lógico pensar que cuando cambia su régimen de funcionamiento cambia el valor de las pérdidas, cambia la cantidad de calor originado, cambia la temperatura, y se produce una variación del volumen del aceite. Si el tanque está totalmente lleno de aceite, se produce una presión inadmisibles, que además origina

pérdidas por las juntas. Si está parcialmente lleno, el volumen de aire que habrá en la parte superior, sufrirá compresiones y descompresiones, condensándose la inevitable humedad que contendrá ese aire. La humedad pasará al aceite, perjudicándolo. Para evitar estos desfavorables efectos de la compresión y expansión del aire contenido en la napa superior del tanque de todo transformador con aceite, se han ideado diversos dispositivos, el más común de los cuales es el llamado "conservador". Consiste en un pequeño tanque con capacidad de aceite aproximadamente igual al 8 % del total, conectado al principal y algo más elevado, provisto de una válvula con una adecuada sustancia que retiene la humedad, el nivel de aceite se hace llegar hasta ese tanque (el tanque principal queda totalmente lleno), de tal manera que al producirse las expansiones estas se manifiestan como variaciones de nivel dentro del conservador, comprimiendo solo un volumen pequeño de aire que esta en el interior del mismo que además es muy seco por acción de la citada válvula. La sustancia deshumidificante suele ser cloruro de calcio. Citemos *que* existen otros sistemas de conservadores patentados, menos frecuentes, que mediante ingeniosos métodos, logran el fin que hemos descrito.

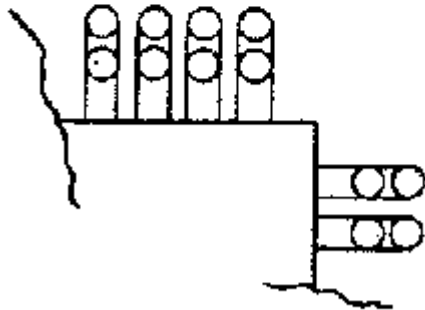
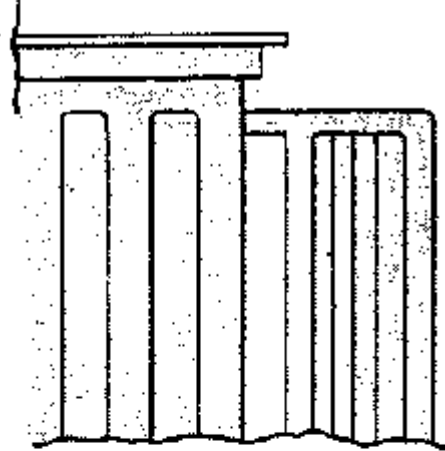
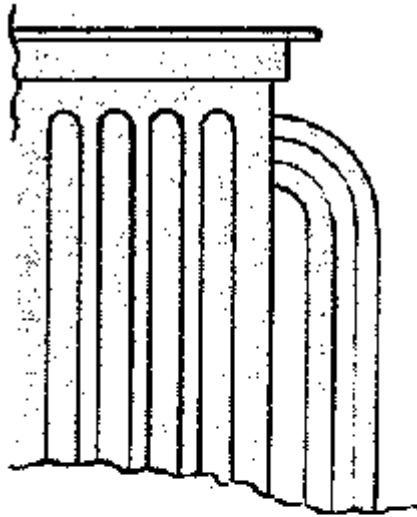


Fig. 03-25

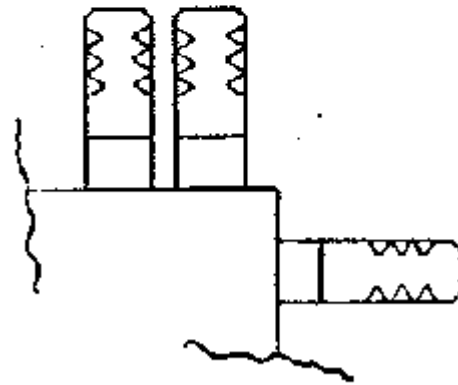


Fig. 03-26

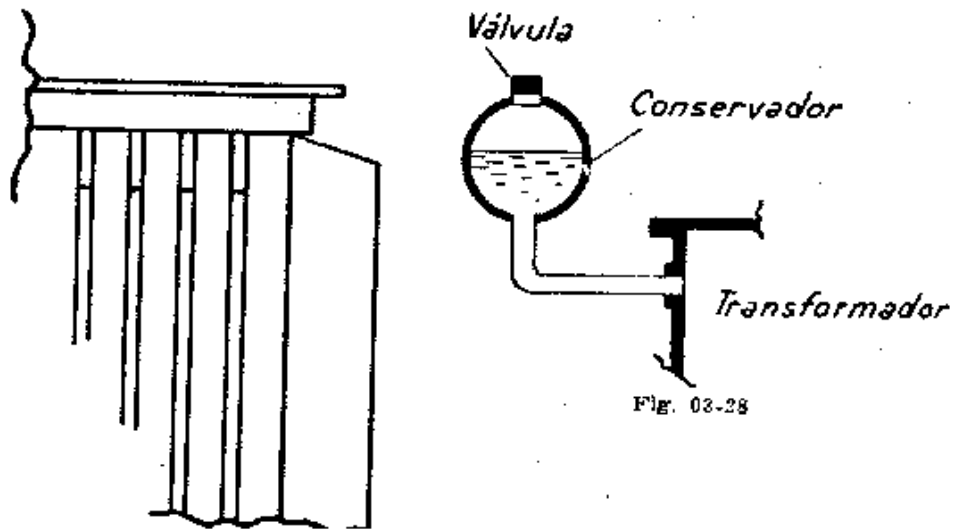


Fig. 03-28

Acotemos finalmente que a los transformadores suele dotárselos de una válvula de seguridad como se ilustra en la Fig. 03-29 para que en caso de incendio del aceite, este rompa la membrana produciendo el derrame, pero evitando la explosión

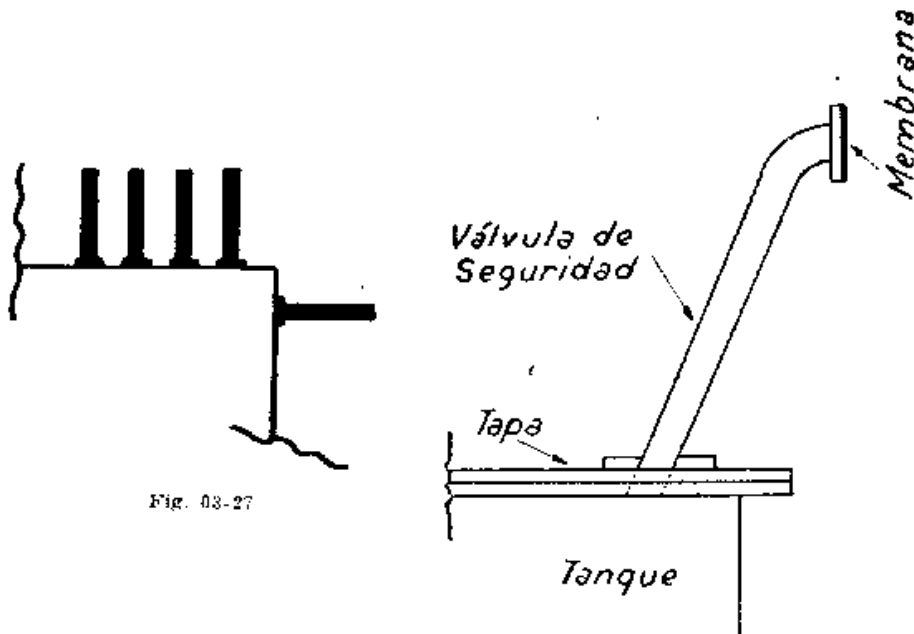


Fig. 03-27

Fig. 03-29

A los efectos de unificar ideas, mostramos en la figura 03-30 un (transformador monofásico pequeño, con varias vistas y cortes, en donde se pueden apreciar sus elementos esenciales, cuya función es primero asegura una buena aislación por el aceite que contiene, y el segundo, al tener una serie de capacitores en serie, asegura una adecuada distribución de la tensión. Es muy común ver en los aisladores de un transformador, descargadores como los ilustrados en la figura 03-33 que están en paralelo con los mismos.

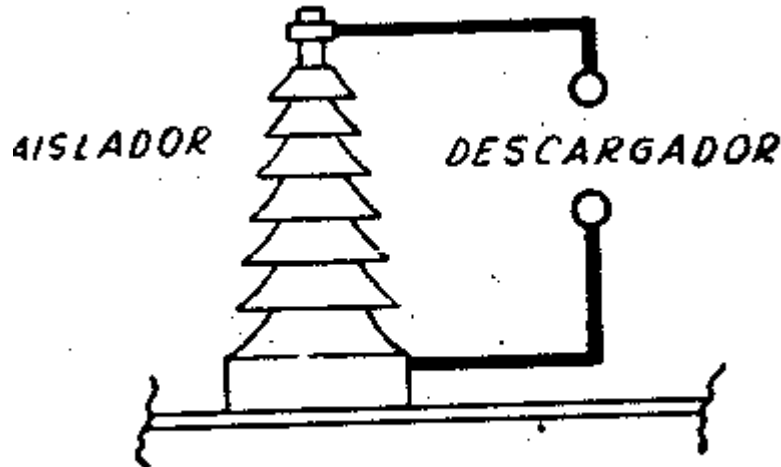


Fig. 03-33

Con estos elementos se protege de las sobretensiones de origen atmosférico (rayos) , a los aisladores mismos, que se quebrarían al dejar pasar la descarga por su superficie. Además los transformadores de muy alta tensión suelen dotarse de "descargadores" como ilustra en la figura 03-34 para protegerlos también de las descargas atmosféricas. Consisten en un apilado de semi-conductores colocados dentro de porcelana, que presenta. una gran resistencia a tensión normal, y una resistencia baja a tensión suficientemente elevada.

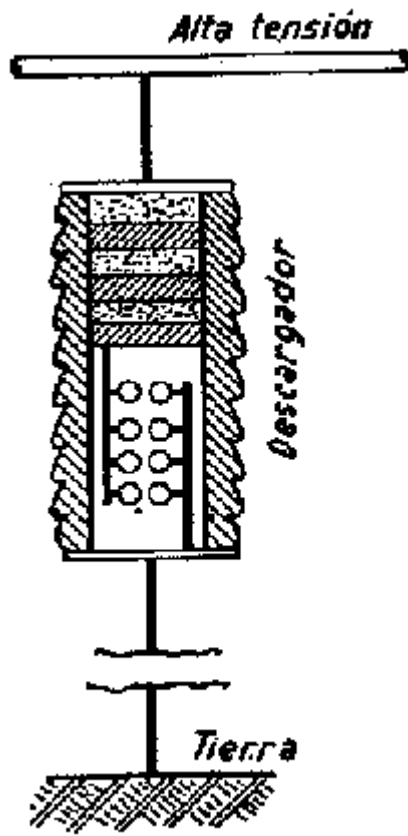


Fig. 03-34

Finalmente mostraremos en la figura 03-35 el esquema del llamado "relé Buchholz", que detecta los defectos internos de un transformador. Generalmente está colocado entre el "conservador" y la cuba. Tiene

dos flotadores que comandan, separadamente, una señal de alarma, y un interruptor que saca de servicio el transformador. El detector de defectos débiles (deterioro lento de los aislantes), y el detector de defectos bruscos (corto circuito entre espiras, puesta a masa de un bobinado), actúan debido a que todo defecto interno, descompone el aceite o los aislantes sólidos, y produce desprendimientos gaseosos. Esos gases ascienden, y actúan sobre los flotadores.

