

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**



**DISEÑO DE UN TRANSFORMADOR TRIFÁSICO 1250 KVA  
22.9-10 / 0.46-0.23 KV POTENCIA COMPARTIDA PARA  
APLICACIONES EN SUBESTACIONES.**

**INFORME DE SUFICIENCIA  
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**VICTOR JESUS CANCHUMANYA MACHA**

**PROMOCION 2009-1**

**LIMA – PERU**

**2012**

*Dedicado a mi familia  
por su incontable apoyo y aliento  
para conseguir mis metas*

**CONTENIDO:**

**Prologo..... 1**

**CAPITULO I**

**1.- Introducción ..... 3**

- 1.1 Antecedentes ..... 3**
- 1.2 Objetivo ..... 4**
- 1.3 Alcance ..... 4**
- 1.4 Limitaciones ..... 5**
- 1.5 Justificación ..... 5**

**CAPITULO II**

**2.- Fundamento teórico de los elementos constructivos principales del transformador ..... 6**

- 2.1 Fierro silicoso de grano orientado ..... 6**
- 2.2 Construcción del núcleo ..... 12**
- 2.3 Material de la parte activa ..... 15**
  - 2.3.1 Conductores eléctricos ..... 15**
  - 2.3.2 Materiales aislantes ..... 17**
  - 2.3.3 Aceite dieléctrico ..... 20**
- 2.4 Accesorios de los transformadores ..... 22**
  - 2.4.1 Aisladores ..... 23**
  - 2.4.2 Conmutador ..... 24**

2.4.3 Indicador de nivel de aceite .....	24
2.4.4 Termómetro .....	25
2.4.5 Válvula de seguridad .....	26
2.4.6 Relé Buchholz .....	27
2.4.7 Relé Imagen térmica .....	28
2.4.8 Desecador de aceite .....	28
2.4.9 Tanque del transformador .....	29

### CAPITULO III

3.- Generalidades del transformador .....	32
3.1 Pérdidas por histéresis .....	39
3.2 Pérdidas por corriente Foucault .....	40
3.3 Parámetros importantes en el diseño de transformadores .....	45

### CAPITULO IV

4.- Diseño del transformador trifásico .....	49
4.1 Especificaciones técnicas del transformador trifásico .....	49
4.2 Dimensionamiento del núcleo mediante programa trafotec .....	51
4.3 Disposición de arrollamiento en baja tensión (460 V) .....	55
4.3.1 Cálculo de la sección de la platina .....	56
4.3.2 Cálculo de la longitud disponible de la platina .....	57
4.3.3 Cálculo del espesor de la platina .....	58

<b>4.4 Disposición de arrollamiento en baja tensión (230 V) .....</b>	<b>59</b>
<b>4.4.1 Cálculo de la sección de la platina .....</b>	<b>60</b>
<b>4.4.2 Cálculo de la longitud disponible de la platina .....</b>	<b>60</b>
<b>4.4.3 Cálculo del espesor de la platina .....</b>	<b>62</b>
<b>4.5 Disposición de arrollamiento en alta tensión (delta 10.0 kV) .....</b>	<b>63</b>
<b>4.5.1 Cálculo de la sección del alambre .....</b>	<b>64</b>
<b>4.5.2 Cálculo de la longitud disponible del alambre .....</b>	<b>64</b>
<b>4.5.3 Cálculo de la separación entre capas de la bobina .....</b>	<b>65</b>
<b>4.6 Disposición de arrollamiento en alta tensión (estrella 22.9 kV) .....</b>	<b>66</b>
<b>4.6.1 Cálculo de la sección del alambre .....</b>	<b>66</b>
<b>4.6.2 Cálculo de la longitud disponible de la platina .....</b>	<b>67</b>
<b>4.6.3 Cálculo de la separación entre capas de la bobina .....</b>	<b>68</b>
<b>4.7 Determinación de pérdidas en el transformador .....</b>	<b>70</b>
<b>4.7.1 Cálculo del peso y pérdida del núcleo .....</b>	<b>70</b>
<b>4.7.2 Cálculo de la corriente de vacío (<math>I_0</math>) .....</b>	<b>71</b>
<b>4.7.3 Cálculo del peso y pérdidas del cobre .....</b>	<b>73</b>
<b>4.7.3.1 Peso y pérdidas para (460 V) .....</b>	<b>73</b>
<b>4.7.3.2 Peso y pérdidas para (230 V) .....</b>	<b>73</b>
<b>4.7.3.3 Peso y pérdidas para (10 kV) .....</b>	<b>74</b>
<b>4.7.3.4 Peso y pérdidas para (22.9 kV) .....</b>	<b>74</b>
<b>4.8 Cálculo de la tensión de cortocircuito .....</b>	<b>75</b>
<b>4.8.1 Cálculo de la componente óhmica .....</b>	<b>75</b>
<b>4.8.2 Cálculo de la componente inductiva (Fórmula de Arnold–Kapp) ...</b>	<b>76</b>

**CAPITULO V**

<b>5.- Evaluación económica .....</b>	<b>82</b>
<b>5.1 Precio de venta (V) .....</b>	<b>82</b>
<b>5.2 Capitalización de pérdidas .....</b>	<b>83</b>
<b>5.3 Precio financiero .....</b>	<b>84</b>

**CONCLUSIONES****RECOMENDACIONES****BIBLIOGRAFIA****PLANOS****ANEXOS**

## **PROLOGO**

El presente informe de ingeniería trata acerca del diseño de un transformador trifásico de distribución 1250KVA con doble relación tensión en AT (22.9-10 kV) y el lado de BT (0.46-0.23 V) con potencia compartida.

El presente informe consta de (5) capítulos, que a continuación se detallan:

En el capítulo I se presentan los antecedentes del proyecto, objetivos, el alcance y limitaciones del diseño.

En el capítulo II se fundamenta la parte teórica de los elementos constructivos principales del transformador, Dividiéndose en subcapítulos en los que se hace referencia al fierro silicoso, construcción del núcleo, materiales de la parte activa, como son los alambres, papel, cartón, aceite y accesorios como aisladores conmutadores nivel d aceite indicando sus características y propiedades.

**En el capítulo III se presentan las generalidades del transformador donde se enfatiza formulas a utilizar en el diseño.**

**En el capítulo IV se presenta el diseño del transformador, presentándose los cálculos numéricos.**

**En el capítulo V se presenta la evaluación económica del informe donde se detalla el precio financiero de la parte activa del transformador.**

**Finalmente se indican las conclusiones y recomendaciones presentadas a lo largo del informe.**

# **CAPITULO I**

## **INTRODUCCION**

### **1.1 ANTECEDENTES**

La tendencia actual en el área de distribución eléctrica es el aumento continuo de carga en el mercado de los transformadores de potencia y distribución. Además, la tendencia de migrar a voltajes más altos en sistemas de distribución de energía eléctrica le genera a la Minera ARUNTANI S.A.C problemas económicos, retrasando por ende su desarrollo. Es por eso que la Minera decide aumentar la carga y el nivel de tensión de su transformador en los próximos años, es por eso que la empresa Epli S.A.C. le plantea dar solución a su necesidad haciendo un diseño en base a técnicas antiguas y nuevas respetando las normas de la Dirección General de Electricidad del Ministerio de Energía y Minas.

La Minera ARUNTANI S.A.C. está ubicada en el departamento de Moquegua distrito de carumas, actualmente su transformador es de 10 / (0.46-0.23) kV y será reemplazada a (22.9-10) / (0.46-0.23) Kv.

## **1.2 OBJETIVO**

El objetivo de este estudio es determinar de manera detallada el diseño de un transformador de doble relación tensión AT Y BT con potencia compartida en el lado de BT, identificando los problemas sencillos y los más complejos, y viendo cuáles de estos problemas complejos se pueden resolver mediante fórmulas aproximadas proporcionadas por los diferentes autores.

## **1.3 ALCANCE**

Este informe abarcará los criterios de diseño del circuito eléctrico y circuito magnético, además se calculará algunos parámetros importantes para el óptimo diseño tales como  $V_{cc}$  (tensión de corto circuito) y pérdidas del hierro y cobre conforme a los requerimientos de la norma IEC para cubrir las necesidades de la empresa ARUNTANI S.A.C.

## **1.4 LIMITACIONES**

El diseño de un transformador es una labor muy compleja por lo cual no se pudo abordar a plenitud en este informe. En este informe se han sentado las bases del diseño eléctrico y magnético de la parte activa y se ha realizado el diseño preliminar.

## **1.5 JUSTIFICACION**

Hace algunas décadas optimizar los costos no era una prioridad a la hora de diseñar un transformador, el diseño estaba completamente enfocado a que el transformador fuese capaz de aguantar las condiciones de servicio, por lo que muchos de sus componentes, como por ejemplo los aislamientos, estaban sobredimensionados para evitar problemas. Hoy en día optimizar los costos es algo prioritario para una compañía eléctrica. Este hecho unido a la gran competencia existente entre las empresas que se dedican a la fabricación de transformadores, hace que dichas empresas tengan que optimizar su diseño para que sea lo más económico posible asegurando el mejor funcionamiento para poder hacerse un sitio en el mercado.

## **CAPITULO II**

### **FUNDAMENTO TEÓRICO DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS PRINCIPALES DEL TRANSFORMADOR**

#### **2.1 FIERRO SILICOSO DE GRANO ORIENTADO**

Las recomendaciones que se hicieron fue un material muy utilizado por los fabricantes de ese entonces en el mercado nacional, se trataba del fierro silicoso de grano orientado ORIENTCORE HI-B grado 30ZH100 denominación de la JIS (Japanese Industrial Standards) que significa que tiene un espesor de 0,30 mm y una pérdida de 1,00 W/kg. A 1,7 T y 50 Hz y de 1,32 W/kg. A 1,7 T y 60 Hz. Como podrá verse en el catálogo existen diferentes espesores 0,23, 0,27, 0,30 y 0,35 mm, que en las normas ANSI son indicadas con los códigos M-3 ( 0,23mm), M-4 (0,27mm), M-5 (0,30mm) y el M-6 (0,35mm); cuando el espesor es más delgado es producto es mejor.

Dentro de la práctica y el uso del hierro silicoso es más conveniente utilizar el de 0,30 mm porque permite maniobrar mejor en el armado como también en su corte. En el apéndice I se indican los diferentes productos que fabrica la compañía japonesa con relación al hierro silicoso de grano orientado estos son el ORIENTCORE-HI-B, y el GO VR27-115, se indican las características en pérdidas típicas y las garantizadas y se hace la comparación con las normas americanas, así mismo se indican valores de pérdidas de W/kg, va/Kg y la curva de magnetización correspondiente al hierro silicoso utilizado para nuestro diseño. Aparte de este fabricante existen en el mundo otros fabricantes tales como la BRITISH STEEL CORPORATION (Inglesa), THYSSEN KRUPP ELECTRICAL STEEL (Alemana), UGINE (Italia), AK STEEL (USA), ASCESITA (Brasil), etc.

Esta decisión de comprar hierro silicoso en bobina o en fleje se toma de la siguiente manera; comprar el hierro en bobina implica trozar el hierro silicoso de acuerdo al diseño del núcleo de transformador de esta manera se pierde casi el 2% de material a pesar que se trata de optimizar en el diseño el corte del hierro, este 2% sirve para refilar el canto del corte dejándose como mínimo 5 mm en el canto. Sobre la optimización que se menciona se hizo dentro del programa del diseño del transformador con ello se lograba tener una pérdida no mayor de 20 mm de hierro incluyendo los 5 mm de refile de un ancho de 914 mm. Traer hierro silicoso en flejes es cuando se tiene una producción continua y se reconoce la proyección de la producción por espacio de 3 a 4 meses. En estas condiciones se hace el pedido en diferentes medidas de corte de fleje, hay que tener en cuenta que cada importación dura

aproximadamente 3 meses. Una manera conveniente es traer una parte en fleje y la otra bobina.

El corte en fleje facilita el trabajo, porque solamente se tendrá que hacer uno solo transversalmente. Para manipular el hierro silicoso se deberá disponer de una desembobindora, un monta carga de esta misma capacidad, un tecele de 5000 KG, y una buena guillotina semiautomática la que deberá contar con cuchillas de corte un material especial para este objeto, con sus repuestos; mínimo 3 piezas, este proceso de corte es la parte más importante dentro del proceso de fabricación, el corte deberá ser recto y no deberá contener rebabas por lo que se tendrá que verificar permanentemente el filo de la cuchilla de la guillotina cuando en el corte empiece a aparecer indicios de rebabas. No se permitirá el arrastre en el suelo del hierro silicoso por que le hierro tiene en su superficie un aislamiento eléctrico que permite aislar las chapas una de otra de las corrientes de Foucault, para lo cual se dispondrá de un suelo de madera que impedirá el raspado de la superficie

Es preciso indicar el proceso de fabricación del hierro silicoso sin ahondar en su teoría, la presencia del oxígeno en el hierro incrementa las pérdidas por histéresis y también a las corrientes parásitas en el material haciéndolas muy elevadas su valor.

El agregado de silicio que tiene gran afinidad con el oxígeno, surgieron medir las propiedades del hierro aleado con silicio. El resultado es que la resistividad aumenta con gran rapidez al aumentar el contenido de silicio, y también que la permeabilidad y la pérdida por histéresis máximas no son inferiores a las del hierro comercialmente

puro. El uso de las aleaciones hierro-silicio se generalizó en la primera década del siglo 20. Las aleaciones se hacen a partir de arrabio o hierro en lingote al que se añade una aleación ferrosilíceica con alto contenido de silicio; el metal se vuelve a fundir en horno de solera abierta o en crisol. Los lingotes de aleación se convierten primero en palastros y luego en chapas, cuyo espesor depende de las condiciones en que se han de utilizar, sobre todo en lo que se respecta a la frecuencia de la red de corriente alterna.

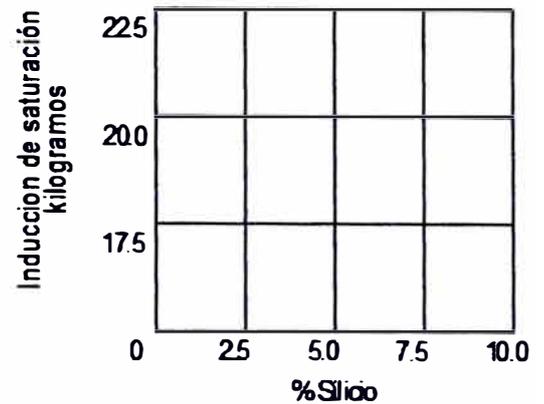
El espesor normal de las chapas para frecuencia de red de 50 Hz, para frecuencias más altas se emplea chapas más delgadas, hasta 0,15 mm. Después de laminadas, se recocen las chapas a unos 800°C. Antiguamente la mayor parte de las chapas se laminaban en caliente; pero la popularidad de la laminación en frío se hizo más frecuente ya que produce una orientación de los cristales que favorecen la permeabilidad alta en la dirección preferente.

En la fig.2.1 se indica la relación que hay entre la resistividad y el contenido de silicio. El empleo de cantidades de silicio que exceden del 4% presenta ciertas limitaciones tales como:

- Aumento de la fragilidad, que hace difícil la laminación
- Reducción de la densidad de flujo de saturación
- Aumento del costo



**Fig.2.1** Relación entre resistividad  
Fierro y el contenido de silicio

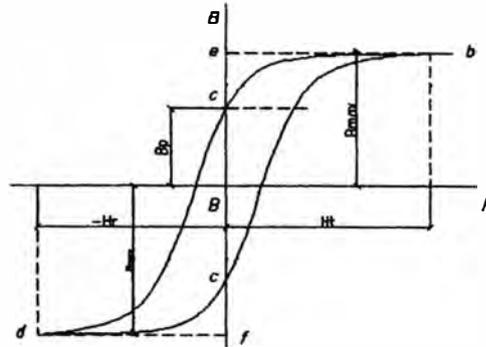


**Fig.2.2** Relación de inducción magnética  
y contenido de silicio en el hierro

Las dos aleaciones de hierro-silicio que más se usan son las que contienen un 0,2% y un 4%, respectivamente. Aunque la reducción de las pérdidas totales conseguidas en el hierro al utilizar aleaciones de hierro-silicio en vez de hierro comercial no aleado se puede atribuir principalmente a la reducción de las pérdidas por Corrientes Parásitas a causa de la mayor resistividad de la aleación, también se debe algo a la reducción de las pérdidas de histéresis.

La diferencia entre las pérdidas por histéresis correspondientes al hierro y las de la aleación hierro-silicio pueden ser comparativamente pequeñas, ya que las pérdidas por histéresis dependen mucho a la pureza y del tratamiento térmico de los metales. Las cifras, que se citan en el cuadro 2.1, para las constantes de histéresis de los aceros al silicio comerciales y para el hierro para los transformadores, sugieren que para estos materiales particulares hay una notable ventaja en el caso de las aleaciones.

Las constantes;  $\eta$ ,  $n$ ,  $b$  y  $c$



**Fig.2.3** Curva de Histéresis.

a)  $Wh = \eta \cdot B^n \text{máx}$  (se aplica a la porción inferior de la curva de histéresis).

Donde  $Wh$  = pérdida por histéresis, en ergios por centímetro cúbico por ciclo.

$\eta$  y  $n$  = constantes de steinmertz.

b)  $Wh = b [(B - H) \text{máx} - c]$ , ecuación que se aplica a la porción superior de la curva de histéresis.

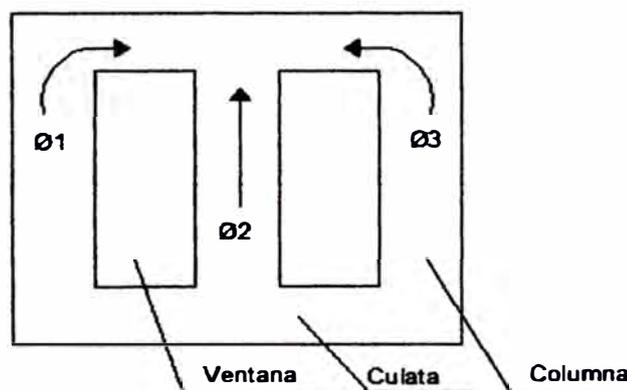
	% de Si	$\eta \times 10^4$	$n$	$b$	$C$
Laminado en caliente	0,13	9,1	1,6	1,39	11 260
Laminado en caliente	1,9	5,9	1,65	1,96	12 050
Laminado en caliente	3,7	3,4	1,65	0,77	10 370
laminado en frío	3,1	0,86	1,8	0,59	12 370

**Cuadro 2.1.** Variación de las constantes de la curva Histéresis con el contenido de silicio en el hierro.

Inmediatamente salta a la vista el valor bajísimo de la constante  $\eta$  para las chapas con unos 3,1% de silicio, laminadas en frío. Se refiere solamente a la dirección del laminado. Es una suerte que la laminación en frío de las chapas de silicio se produzcan la alineación de gran parte de los cristales en la dirección favorable al aumento de permeabilidad y a la elevación de la densidad de flujo de saturación. No parece conocerse con exactitud cuál es la causa de que el proceso de laminación y reconocido empleado produzca la orientación requerida, en teoría, debería ser posible mejorar aún más la calidad provocando un aumento en el porcentaje de cristales orientados favorablemente.

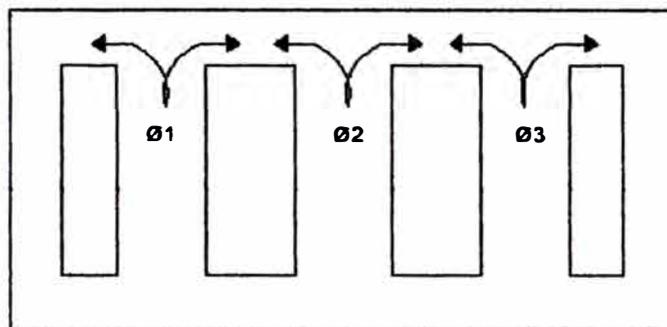
## 2.2 CONSTRUCCIÓN DEL NÚCLEO

El núcleo es construido por láminas de hierro silicoso anteriormente mencionado, la figura 2.3 muestra un núcleo trifásico de tres columnas, los cuales están magnéticamente conectados uno con otro en la parte superior e inferior por los yugos o culatas. El espacio disponible para las bobinas es llamado ventana



**Fig. 2.4** Núcleo trifásico de tres columnas

Las tres columnas están magnéticamente unidas por los yugos superior e inferior. En el yugo el flujo se divide y para un núcleo de tres columnas se tiene el retorno de una columna en las otras dos columnas como se puede apreciar en la figura 2.3. En los núcleos trifásicos de tres columnas los yugos deben ser capaces de llevar el mismo flujo que en las columnas. En la práctica la sección de los yugos es el mismo que el de las columnas o algo mayor. En los núcleos trifásicos de cinco columnas el flujo que proviene de las tres columnas principales que contienen las bobinas tiene un camino de retorno adicional a través de las dos columnas de los costados, como se aprecia en la figura 2.4.

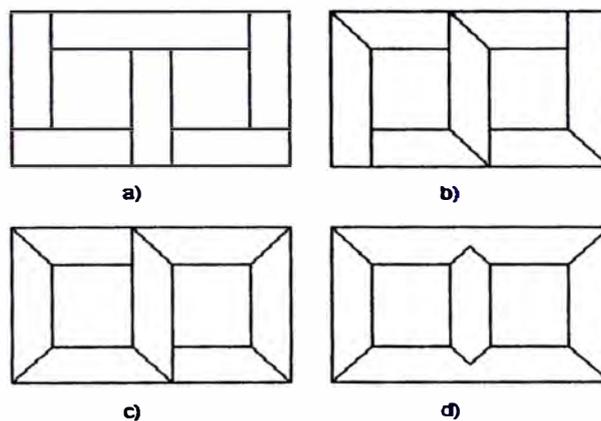


**Fig. 2.5** Núcleo trifásico de cinco columnas

Un núcleo de cinco columnas es más caro que un núcleo de tres columnas, por lo que este último es la opción preferida tanto como el transporte lo permita.

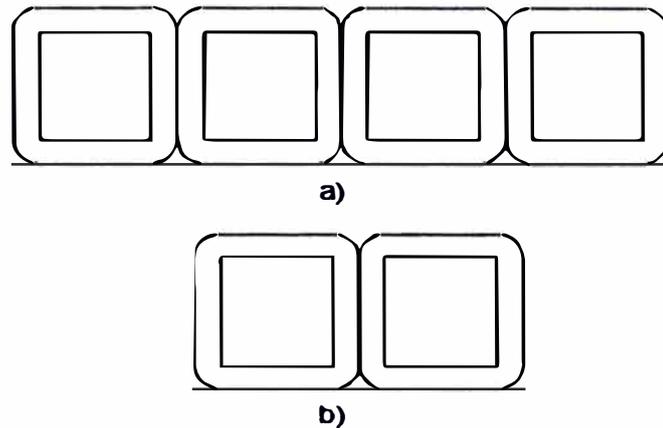
Las pérdidas de potencia en dirección transversal son aproximadamente el doble que en la longitudinal. Durante el tiempo que la empresa se dedicó a la fabricación de transformadores, se hicieron una serie de cortes, empezando con los cortes simples como se indica en la fig. 2.5a. En este tipo de corte se presenta muchas pérdidas porque se tiene siete uniones donde el recorrido del flujo tiene que vencer la dirección

transversal del flujo, luego se tiene el corte mostrado en la fig. 2.5b, en este se puede ver que se tiene cuatro uniones donde el recorrido del flujo tienen que vencer la dirección transversal del flujo y cuatro cortes en  $45^\circ$  permitiendo en este corte la mínima pérdida por seguir la dirección del grano orientado. Posteriormente se hizo uso del corte mostrado en la fig. 2.5c, en este tipo de corte se tiene dos uniones donde el recorrido del flujo tiene que vencer la dirección transversal y seis uniones a  $45^\circ$  permitiendo una mejora notable con este tipo de corte. Posteriormente se hizo uso del llamado corte "V" que se muestra en la fig. 2.5d, este corte tiene la ventaja de tener todos sus cortes en ángulos a  $45^\circ$ , permitiendo las mínimas pérdidas en el hierro. Como se observa, el corte central requiere de una máquina troqueladora que permita hacer la "V", este tipo de corte se hace en máquinas modernas. Las características del hierro silíceo se indican en el apéndice I a-b-j. Estas compañías prestan el servicio y venta de entregar el núcleo cortado y armado. Estos productos se consiguen en Estados Unidos, Europa, México y Brasil.



**Fig. 2.6** Cortes de los transformadores (a, b, c, d)

Finalmente se compró el corte del tipo "C" (núcleo enrollado), este sistema ha sido desarrollado por los americanos y hoy en día es utilizado en todo el mundo, la gran calidad de material que no puede ser igualado por los anteriormente señalados. Estos pueden ser usados de dos maneras como se muestra en la fig.2.6



**Fig.2.7** (a) Núcleo trifásico de 4 núcleos enrollados.  
(b) Núcleo trifásico de 2 núcleos enrollados.

## 2.3 MATERIAL DE LA PARTE ACTIVA

El diseño de la parte activa implica el conocimiento del uso de los materiales tales como el cobre, los materiales aislantes y los materiales que ayudan a la fijación.

### 2.3.1 Conductores Eléctricos

El cobre deberá ser electrolítico, de 99,8% de pureza, pudiendo ser redondo o rectangular con bordes redondeados, los redondos existen de calidades diferentes de

acuerdo a la temperatura de trabajo de la clase "A", "F", "H", estos materiales están revestidos de esmalte de calidades distintas que le dan las características apropiadas, los calibres que usualmente se encuentran en el mercado son del número 41 AWG-DE al 4 AWG-DE, ver el cuadro de características en el apéndice I1a-I1d en él se indica los calibres y dimensiones de dos marcas conocidas en nuestro medio y se indican las características de los esmaltes utilizados para cada clase térmica. Para requerimientos mayores que estos calibres, se deberá usar en estos conductores en paralelo o se hará uso de platinas de cobre, estas platinas son mandadas a fabricar de acuerdo a las dimensiones requeridas por el diseño, estas deben ser de temple blando para permitir maniobrar cuando se efectúa el bobinado, estas plantillas carecen de aislamiento por lo que se precisa forrarlas con un material aislante, este es un material de papel de celulosa papel **KRAFT**, de un espesor de 0,065 mm de espesor para transformadores en aceite indicando en el apéndice IIIa-IIIb y papel **NOMEX-410** de espesor 0,050 mm. La cantidad de vueltas está en función de la tensión de trabajo, las características de estos materiales se indican en el apéndice IIIa - IIIg.

Las platinas de cobre se deberán usar tomando en cuenta que la longitud axial sea mayor que la radial, esto permitirá disminuir las pérdidas. El número de platinas en paralelo dependerá de la intensidad de corriente que pasará por el transformador. Esta podrá ser en paralelo radial y/o en paralelo axial, cuando esto ocurra se tomará en cuenta las transposiciones que se realizará para mantener una misma longitud para cada uno de los conductores que integran el bobinado, estos deberán ser cuidadosamente separadas unas de otras para darles la refrigeración necesaria cuando lo necesite. Es importante conocer la calidad de la platina de cobre que se utilice (cobre electrolítico de 99,8% de pureza) y debidamente trefilada con sus bordes

redondos para evitar el corte del papel aislante. El reconocimiento de la calidad de estos materiales en una forma práctica, es calentando el material para doblarlo después a 90° si este material se dobla fácilmente sin producirse rajadura o rotura se aceptará el material de los contrario este se rajará o romperá el cual deberá ser desechado.

### **2.3.2 Materiales Aislantes**

Los materiales aislantes que se utilizan para la fabricación de los transformadores en aceite son la madera caoba y el papel o cartón prespan. La madera suele utilizarse previo tratamiento de secado, estas se utilizarán para acuñar la bobina en el núcleo por los cuatro lados, para asentar la bobina en el núcleo en la parte inferior y superior, hoy en día se utiliza un material fabricado de madera tratada con resina llamada RANCAN.

El prespan es un material acreditado a base de celulosa usados para aislamientos de la clase A (105°C). Aparte de su alta rigidez dieléctrica y su alta capacidad de impregnación con el aceite del transformador, es sumamente notable que es presspan no tiene ningún punto de fusión. Por ello puede quedar expuesto a cargas térmicas elevadas de corta duración (por ejemplo unos pocos segundos a 350°C) sin que se produzcan mermas esenciales en sus características.

La materia prima del prespan es el sulfato de celulosa el cual es derivado de las coníferas. El presspan es manufacturado en máquinas especiales para fabricación de

papel. En primera instancia es necesario separar las fibras de celulosa de los otros componentes y luego son molidas o trituradas en una suspensión acuosa. La mezcla de fibra y agua se lleva a varios cilindros con coladeras uno detrás de otros, después de varios enjuagues se procede a prensar para luego secarlo en aire caliente.

Como el prespan es un material hidróscopico el almacenamiento deberá de ser adecuadamente en un lugar libre de polvo y en espacio de aire acondicionado, deberá de evitarse cualquier radiación solar o térmica cualquiera. Los fabricantes de prespan suelen fabricar distintas series de estos productos para diferentes usos

El prespan suele utilizarse en forma de papel o de cartón dependiendo de la necesidad y del lugar donde se ha de utilizar. El cartón **Prespan diamantado** que se utiliza como separador entre capa y capa tendrán diferentes espesores de acuerdo al nivel de tensión inducida a la que sometido el transformador estas pueden ser de 0, 10, 0, 15, 0, 0,08, 0, 12, 0,18, 0,25, 0,38, 0, 05, 1, 0 mm de espesor este material viene con pegamento de silicona en sus dos caras con la finalidad de que al ser sometida a un homeado el pegamento de sílice se adhiera al alambre o platina y hace a la bobina un conjunto más compacto. Las características de estos materiales aparecen en el apéndice IV a-b

El material aislante que se utiliza como separador entre alta tensión y baja tensión o el que se utiliza como canales de refrigeración, se utiliza el cartón prespan en sus diferentes modalidades geométricas, se entiende que estas permitirán servir como separadores de dos bobinas con diferentes potenciales eléctricos y al mismo tiempo

como refrigerante por lo que tendrán que ir separadas una de otras adecuadamente estas pueden ser rectangulares por lo regular y en espesores de 5 mm, existen cartones corrugados de espesor 1 mm y altura 5 mm como también nervaduras o espaciadores de cartón prespan adheridas, las características eléctricas y mecánicas se indican en el apéndice V a-b

Los materiales que sirven como cuñas entre la bobina y el núcleo de hierro también son cartón prespan de 5 mm de espesor, este suele ser colocado a los cuatro lados de la columna del núcleo cumpliendo una doble función separando el lado de baja tensión del núcleo como su hermetismo. Otros de los materiales aislantes utilizados para el acabado final de las terminaciones es el uso de papel crepé este posee una elongación permisible de 30 a 75% permitiendo amoldar el forrado adecuadamente; usado en las uniones y ángulos agudos y conexiones en los extremos de la bobina y como aislamiento en los conductores (espagueti), ver apéndice V-c

Para transformadores en seco para aislar entre capa y capa se usa un papel multicapa es decir **NOMEX-MAYLAR, NOMEX**. EL NOMEX es un producto patentado y fabricado por la DuPont, para soportar resistencias dieléctricas inherentes o de aislamiento de 20 40 kV/mm. En función del tipo y el espesor, no necesitando un tratamiento posterior con barniz o resinas, con estabilidad térmica hasta 200°C con pequeños efectos sobre sus propiedades eléctricas garantizadas para un mínimo de 10 años expuestos en forma continua a 220°C, presenta compatibilidad química, no afectándola muchos solventes, ácidos, álcalis, barnices y adhesivos, equilibrio a la humedad relativa a 95%, no se funde y soporta la combustión en el aire por lo que no

se produce reacciones tóxicas contra los humanos y animales. Este material viene en diferentes espesores y se utiliza solo para el forrado de platinas para transformadores en seco en espesor de 0,055 mm.

En MYLAR es un poliéster, es estable e inerte al ser expuesto al ambiente, su resistencia, durabilidad y estabilidad térmica, permite ser usado en sus propiedades mecánicas de fuerza excepcional a la tracción, en ambos sentidos es muy duro y transparente; blanco lechoso.

Es dimensionalmente estable y poco hidrocópico. Su flexibilidad y estructura delgada, permite el moldeo y refuerzo del reborde con facilidad convirtiéndola en un producto excelente para aplicaciones eléctricas, presenta 8 veces más fuerte que un papel aislante del mismo espesor, presenta una resistencia a la tracción de 25000 lb/sq-in. Es fuerte, durable y flexible, lo que permite ser moldeado y dimensionalmente estable, fácil de cortar, punzonar, troquelar y doblar.

### **2.3.3 Aceite Dieléctrico**

El aceite dieléctrico es uno de los componentes importantes en la fabricación de los transformadores porque tiene una doble finalidad una de aislamiento y la otra de refrigeración. El Prespan inmerso en aceite adquiere una notable rigidez dieléctrica y como refrigerante permite evacuar el calor generado en las bobinas y el núcleo del

transformador mediante un proceso de transferencia de calor por convención hacia el exterior por las aletas de ventilación del taque del transformador.

Existen diferentes calidades de aceite en el mercado ver apéndice VI a-d, cuyas diferencias de precios indican la calidad de los mismos, la evaluación de los aceites se realizan en función de su rigidez dieléctrica que posee y de cada cuanto tiempo se realizan en función de su rigidez dieléctrica que posee y cada cuanto tiempo se realiza el mantenimiento de estas. Las características que se han de tomar en cuenta adicionalmente a lo que se ha indicado es el aspecto claro y brillante, que será un indicativo del alto grado de refinación, baja viscosidad lo que permite actuar como un buen refrigerante, un alto punto de inflamación que garantiza un alto rango de operación seguro, ausencia de álcalis, cloruros, sulfuros y azufres corrosivos, esto evita el tanque que pueden sufrir las partes metálicas del transformador. Debe ser químicamente inerte a los barnices y esmaltes con lo que se aíslan los conductores eléctricos y otros materiales que conforman e transformador:

- Debe tener alta rigidez dieléctrica lo que garantiza el buen aislamiento de las partes sometidas a tensiones eléctricas.
- Debe poseer bajo factor de potencia lo que permitirá minimizar las pérdidas e corriente.
- Debe tener baja tendencia a la gasificación, característica que disminuye la acumulación de gases dentro del equipo.

Estos aceites son de origen naftécnicos que son extraídos del petróleo. En aceite antes de ser utilizados es sometido necesariamente a las siguientes pruebas:

- Índice de acidez que no será mayor 0,05 mgr. KOH/gr de aceite.
- Rigidez dieléctrica mayor de 30 kV.
- Contenido de agua menor de 30 partes por mil.
- El color menor de 3,5.
- Tensión interfacial mayor de 28 dyn/cm.

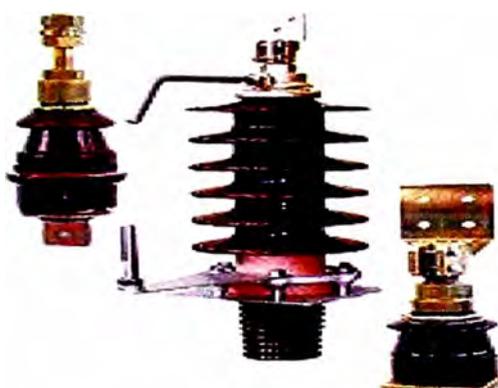
Si se consigue en el análisis previo, estos valores como mínimos podrá hacerse uso del aceite nuevo. Cuando el aceite acusa tener una de las características por debajo del límite que se indica en las norman, aun estando el aceite nuevo; lo cual puede suceder, se deberá tratar el aceite con un equipo purificador; cuya función principal es eliminar del aceite el agua, gases, ligeros hidrocarburos formados y sólidos, el cual opera bajo las condiciones de vacío y el aceite es forzado por presión atmosférica pasar a través de filtros y cámara calientes.

## **2.4 ACCESORIOS DE LOS TRANSFORMADORES**

Dentro de los accesorios que cuentan los transformadores de distribución en aceite tenemos:

### 2.4.1 Aisladores

Los aisladores de Porcelana de mediana y baja tensión, la selección de estos materiales se hará en función de la tensión de servicio y de la capacidad de corriente a la que serán sometidos. Las características importantes de estos aisladores son; permitir el acceso de la parte activa del transformador que se encuentra en la parte interna del tanque del transformador hacia el exterior, lo importante es el aislamiento que pueda tener la parte activa con la parte metálica, esto significa que este deberá tener una adecuada distancia de fuga para evitar una posible descarga.

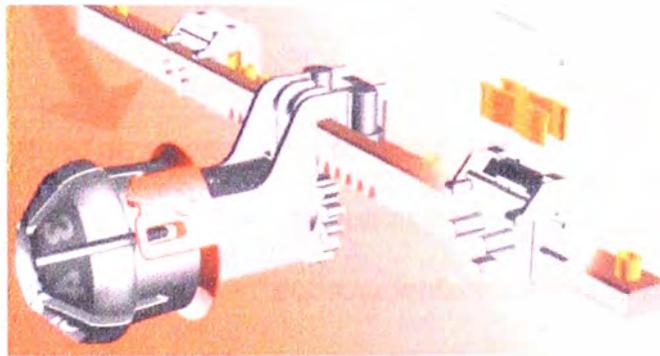


**Fig. 2.8** Aisladores de AT y BT

Los aisladores que contamos para mediana tensión tenemos de capacidades de 10, 20 y 30 kV y capacidades de corriente de 250 y 630 A. Los aisladores de baja tensión es hasta 1kV y con capacidades de corriente de 250, 630, 1000, 2000 y 3150 A. Las características y dimensiones de los aisladores tanto en baja como en alta tensión se indican en el apéndice VII a-e.

### 2.4.2 Conmutador

Conmutador para ser activado sin tensión o llamado Taps Changer estos están fabricados de acuerdo a la tensión y la corriente que se utilice y el tipo de conexión que tendrá el transformador. Estos Conmutadores se tienen en tensiones de 24 y 36 kV y capacidades de corriente de 30 y 60 A; y tipos de conexión para triángulo y estrella. Todas ellas para derivaciones de  $\pm 2 \times 5\%$  (5 posiciones). Cuando se tiene que hacer conexiones serie - paralelo se cuenta con conmutadores especiales para este fin. Las dimensiones y características de estos Conmutadores se indican el apéndice VIII a-e.



**Fig. 2.9** Conmutador de distribución de 5 posiciones

### 2.4.3 Indicador nivel de aceite

Este instrumento permite determinar el nivel de aceite que posee el transformador este suele colocarse en una de las caras del tanque expansor es importante su uso porque esto determina si el transformador cuenta o no con el aceite para su funcionamiento, en algunos casos se requiere el uso de estos instrumentos con un contactor que permiten la desactivación del transformador como consecuencia

de haber bajado el nivel de aceite. Las características de nivel de aceite se indican en el apéndice IX a-c



**Fig 2.10** Indicador de nivel sin contactos

#### **2.4.4 Termómetro**

Indicadores de Nivel de aceite y se coloca en la tapa del transformador, permite determinar la temperatura alcanzada en el aceite y en algunos casos activar el sistema de protección cuando se presenta un sobrecalentamiento por medio de un contactor activado por efecto de la temperatura.

Las características y dimensiones se indican en el apéndice Xa-c.



**Fig. 2.11** Termómetros con contactos

#### **2.4.5 Válvula de Seguridad**

Elemento indispensable en la fabricación de transformadores, permite evitar que por causa de una sobre presión; producto de emanación de gases por combustión del aceite causado por un corto circuito, el tanque pueda explotar. La válvula de seguridad puede venir con un contactor incorporado que permite activar el sistema de protección cuando se presentan una sobre presión. Las características y dimensiones se indican en el apéndice XI a-b



**Fig. 2.12** Válvula de sobrepresión súbita

#### **2.4.6 Relé Buchholz**

Este instrumento se suele colocar entre el tanque del transformador y el tranque expansor este permite detectar dos tipos de fallas importantes y al mismo tiempo permite almacenar gases para un análisis posterior. Ver apéndice XII a-b

Cuando se presenta una fuga de aceite, el Relé Buchholz detecta a través de él un flujo de aceite que en condiciones normales no debería existir, activando de esta manera los contactos que posee para la desactivación del transformador.

Cuando se presenta efectos de combustión en el interior del transformador por causas de sobrecargas, se emiten gases los cuales van almacenarse en el Relé



**Fig. 2.13** Relé Buchholz con contactos

Buchholz, dependiendo de la intensidad de este hará activar el contacto del Relé y por consiguiente la salida del servicio del transformador. Estos gases acumulados nos permitirán determinar cuáles fueron las causas que originaron dicha falla dependiendo de lo que obtenga del análisis cromatográfico del aceite. Por ejemplo un gas blanco o amarillo indica aislamiento quemado, un gas negro o gris indica aceite disociado. Sin embargo, las naturalezas de fallas solo pueden preciarse mediante el análisis mencionado. Así por ejemplo la presencia de:

- a)  $H_2$  y  $C_2H_2$  indica arco a través del aceite entre partes constructivas de las máquinas.
- b)  $H_2$ ,  $C_2H_2$  Y  $CH_4$  indican arco con destrucción de aislante tipo fenólico. Por ejemplo en el conmutador que está constituido de baquelita y otros materiales fenólicos.
- c)  $H_2$ ,  $CH_4$  y  $C_2H_4$  indican un punto caliente en el núcleo.

d)  $H_2$ ,  $C_2H_4$ ,  $CO_2$  Y  $C_3H_6$  indican un punto caliente en el arrollamiento de cobre.

Este análisis cromatográfico se hacía en el extranjero pero hoy en día se realiza en nuestro medio para lo cual se requiere que el laboratorio proporcione un recipiente adecuado para facilitar y extraer la muestra.

#### **2.4.7 Rele de imagen térmica**

Este equipo es utilizado para determinar la temperatura alcanzada en el mismo bobinado, sea la de alta o baja tensión, su uso está destinado a transformadores de potencia, pero si el cliente lo requiere se instalará en transformadores de distribución. Las características se indican en apéndice XIII a-b



**Fig. 2.14** Rele imagen térmica

#### **2.4.8 Desecador de aceite**

El desecador de aceite, permite extraer la humedad del aire, se coloca en el niple de entrada ubicado en el tanque expansor, estos se seleccionan dependiendo de la cantidad de aceite que contiene el transformador, ver apéndice XIV a



**Fig. 2.15** Desecador de aceite

#### **2.4.9 Tanque del transformador**

Finalmente hablaremos de la parte estructural del transformador, el tanque propiamente dicho. Su construcción se realiza con planchas laminadas en frío de diferentes espesores. Los canales para el amarre del yugo se determinan en función del esfuerzo al que estarían sometidos, dependiendo de la potencia del transformador su espesor y tamaño se incrementarán. Estos presentarán destajes como aparece en la fig.11 (anexo) con la finalidad de que los alambres o platinas del secundario no se acerque a tierra. Así mismo los espárragos de amarre del yugo dependerá del tamaño del transformador pudiéndose utilizar cuando son de mayor potencia hasta dos en paralelo en cada uno de los cuatro lados donde estos son colocados. Así mismo los espárragos utilizados para el templador como el tirante serán seleccionados de acuerdo a la potencia del transformador.

Las planchas para la fabricación del tanque para transformadores hasta 37.5kVA se utilizan planchas lisas de 1/8", a partir de 50kVA los tanques para transformadores son fabricados con planchas de 1/16" siendo estos corrugados o en forma de aletas. Los refuerzos tanto en la parte inferior como la superior serán determinados dependiendo de la presión a las que están sometidas, así mismo la plancha de la base del transformador serán determinadas con la misma condición. La tapa y la brida del transformador se determinarán tomando en cuenta el peso total de todo el transformador donde se encuentra las orejas de izaje.

El tanque expensor se calculará por la presión a la que estará sometida por la presencia de aceite en ella. Ver figura de montaje y figura de tanque completo (según anexo).

Otro de los elementos que se tendrá en cuenta en la fabricación de los tanques para los transformadores, es la soldadura que se han de utilizar, estas son soldaduras Overcord y Cellocord cuya aplicación dependerá del lugar donde se realice la soldadura y entre que planchas se soldarán, el espesor y la clase dependerá de la aplicación. Los pernos y tuercas utilizadas serán de grado NC-2 como mínimo y estas serán galvanizadas con un espesor mínimo de 3 milímetros.

La empaquetadura que se emplea deberá ser de material NITRILO, este material es resistente a la temperatura y al aceite y será de forma redonda, a los que normalmente se utiliza son de medidas de 8 a 10 mm de diámetro.

Antes y después de proceder al decapado, el tanque del transformador debe ser sometido a la prueba de sobre presión aplicándose entre 0,2 a 0,5 atm. De presión sin producirse presencia de agujeros ni deformación alguna del tanque.

El proceso del decapado consiste en someter al tanque a la acción de granallado que es el más indicado con granallas de acero, porque además de limpiar la superficie no deja ningún rastro de óxido o presencia de agua, sin embargo este proceso es caro y se suele utilizar escoria de metal que cumple con la misma finalidad, pero su uso de reciclaje es menor, este proceso es el que utilizaba la empresa para lo cual se disponía de un recinto especial, una buena compresora con un pulmón adicional, una tolva y elementos como manguera de alta presión y boquillas adecuadas para el uso, el operario debe estar debidamente protegido con una ropa especial al entrar a este ambiente por su seguridad.

Las pinturas utilizadas deberán ser en todos los casos epóxicas, tanto interiormente como exteriormente, con un espesor mínimo de 3mm, el pintado de acabado será solamente en la parte exterior del transformador y será como mínimo 3mm de espesor.

## **CAPITULO III**

### **GENERALIDADES DE TRANSFORMADOR**

El transformador es una máquina eléctrica estática cuya función es transferir energía eléctrica de un circuito a otro y que emplean materiales magnéticos por donde circula un flujo magnético variable común originadas por la aplicación de una fuerza electromotriz variable en uno de los circuitos y generar una tensión variable en el otro circuito por acción del fenómeno de inducción electromagnética.

El transformador tiene una amplia utilidad en la industria, en el comercio y el bienestar de los pueblos. Permite transportar la energía elevando las tensiones y llegando a lugares muy distantes, minimizándose de este modo el costo de transporte y luego llegar al usuario reduciéndolo para uso adecuado.

Los transformadores de distribución son fabricados para trabajar con tensión alterna del tipo sinusoidal, de acuerdo a la ley de Faraday:

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d}{dt} \int_S \vec{B} \cdot d\vec{a} \dots \dots \dots (1)$$

La inducción electromagnética es el resultado de un conjunto de experimentos que se resume asociado a una f.e.m.

$$\epsilon = -\frac{d}{dt} \phi \dots \dots \dots (2)$$

$$\phi = \int \vec{B} \cdot d\vec{a} \dots \dots \dots (3)$$

Por definición la fuerza electromotriz es:

$$\epsilon = \oint \vec{E} \cdot d\vec{l} \dots \dots \dots (4)$$

Combinado las ecuaciones 2,3 y 4 encontramos la ecuación (1) y en forma vectorial la ley de Faraday queda expresada:

$$\oint \vec{E} \cdot d\vec{l} = \frac{d}{dt} \int_S \vec{B} \cdot \vec{n} \cdot da \dots \dots \dots (5)$$

Al aplicar tensión de valor  $U_p$  al primario de un transformador, en este se genera una fuerza electromotriz. A consecuencia del fenómeno de inducción electromagnética se producirá un flujo que tendrá la forma de onda similar al valor de  $U_p$ . Esta onda será en nuestro caso sinusoidal cuyo máximo valor será  $E$ , utilizando la ecuación (2) tendremos:

La fuerza electromotriz media en una espira durante medio periodo  $T/2$  del valor máximo positivo ( $+\phi_0$ ), al valor máximo negativo ( $-\phi_0$ ), es  $(2\phi_0)$ , luego:

$$\epsilon_{mp\epsilon} = \frac{2x\phi_0x10^{-8}}{T/2} = 4x\phi_0xfx10^{-8} \dots \dots \dots (6)$$

El factor de forma:

$$K_f = \frac{\text{Valor eficaz de la onda}}{\text{Valor medio}} \dots \dots \dots (7)$$

La fuerza electromotriz eficaz, por espiras en voltios  $\epsilon_{ef\epsilon}$

$$\epsilon_{ep\epsilon} = 4xK_fxfx\phi_0x10^{-8} \dots \dots \dots (8)$$

Para una onda sinusoidal

$$K_f = 1.11$$

Luego:

$$\epsilon_{ep\epsilon} = 4.44xfx\phi_0x10^{-8} \dots \dots \dots (9)$$

Si el número de espiras en el primario es de  $N_1$ , entonces la fuerza electromotriz primaria eficaz en las  $N_1$  espiras será:

$$\epsilon_{ep\epsilon} = 4.44xfxN_1x\phi_0x10^{-8} \dots \dots \dots (10)$$

Explicaremos que al aplicar la tención  $U_p$  al conjunto de espiras del bobinado primario, ella es recorrida por una corriente que produce al mismo tiempo un flujo magnético.

Por la ley de Ampere:

$$\int_S \vec{j} \cdot d\vec{a} = \oint \vec{H} \cdot d\vec{l} \dots \dots \dots (11)$$

J densidad de corriente A/mm<sup>2</sup> y H la intensidad de campo magnético en Amper-vuelta/m, para una disposición de conductores, los cuales se encuentran enrollados en el núcleo del hierro como el que se trata, de un transformador tendremos:

En el primer término de la ecuación:

$$\int_S \vec{j} \cdot d\vec{a} = N \cdot I \dots \dots \dots (12)$$

Y en el segundo término

$$\oint_S H \cdot d\vec{l} = \oint (\vec{B}/\mu) \cdot d\vec{l} \dots \dots \dots (13)$$

Luego:

$$\oint_S (\vec{B}/\mu) \cdot d\vec{l} = N \cdot I \dots \dots \dots (14)$$

Siendo  $\mu$  la permeabilidad magnética del material por donde circula el flujo magnético.

Sea  $N'$  el número de espiras por unidad de longitud.

$$\oint_S H \cdot d\vec{l} = \int_a^b \vec{H} \cdot d\vec{l} + \int_b^c \vec{H} \cdot d\vec{l} + \int_c^d \vec{H} \cdot d\vec{l} + \int_d^a \vec{H} \cdot d\vec{l} = N' \cdot I \dots \dots (15)$$

$$\oint_S H \cdot d\vec{l} = \int_a^b \vec{H} \cdot d\vec{l} + \int_c^d \vec{H} \cdot d\vec{l} = N' \cdot I \dots \dots \dots (16)$$

$$\oint H \cdot d\vec{l} = \int_a^b \frac{\overline{B_u}}{\mu_r} \cdot d\vec{l} + \int_c^d \frac{\overline{B_0}}{\mu_0} \cdot d\vec{l} = N' \cdot I \dots \dots \dots (17)$$

El primer término del segundo miembro de la ecuación es el que tiene mayor significado, el segundo y el cuarto valen cero y el tercer término tiene su camino en el aire, siendo la permeabilidad del aire muy elevado comprada con el material magnético por lo que se desprecia.

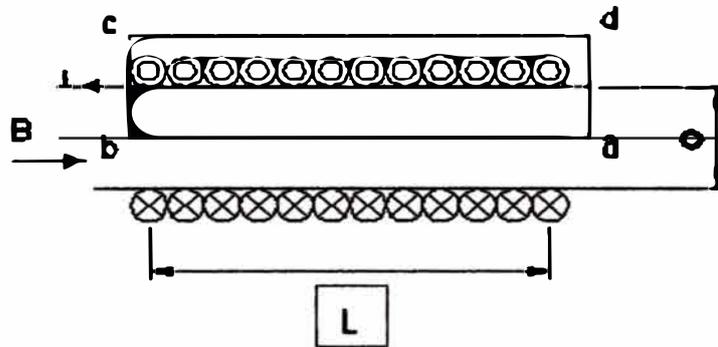


Fig .4.1 Circuito magnetivo de una bobina

$$\int_a^b \frac{\overline{B_r}}{\mu_r} \cdot d\vec{l} = N' \cdot I \dots \dots \dots (18)$$

$$(B/\mu)L = NIL \dots \dots \dots (19)$$

$$B = \mu NI \dots \dots \dots (20)$$

Se demuestra que el flujo magnético es creado por la corriente que circula que la bobina por efecto de la tensión  $U_p$  Demostrada esta parte, nos interesa conocer lo que

pasa en la bobina secundaria del transformador. En ella se producirá nuevamente el fenómeno de la inducción electromagnética, como las espiras secundarias están atravesadas por el mismo flujo se introducirá una tensión  $\mathcal{E}_{S0}$ .

$$\mathcal{E}_{S0} = 4.44xfxN_2x\Phi_0x10^{-8}\text{voltios} \dots\dots\dots(21)$$

De la ecuación (10) y (21) tenemos

$$\mathcal{E}_{P0} / \mathcal{E}_{S0} = N_1 / N_2 \dots\dots\dots(22)$$

En vacío, las f.e.m. son prácticamente iguales a las tensiones respectivas en los bornes  $U_p$  y  $U_s$  prescindiendo de la exigua caída de tensión, sin error sensible, pues, el valor eficaz y con ondas sinusoidal de tensión.

$$U_p = 4.44xfxN_1x10^{-8}\text{voltios} \dots\dots\dots(23)$$

$$U_s = 4.44xfxN_2x\Phi_0x10^{-8}\text{voltios} \dots\dots\dots(24)$$

$$U_p / U_s = N_1 / N_2 \dots\dots\dots(25)$$

Esta demostración analítica demuestra la naturaleza del transformador y el principio de los mismos. En el circuito magnético deberá existir una relación lineal entre B y H, esto significa tener una permeabilidad del material constante, o puede existir un entrehierro dominante.

Se puede definir la relación  $\lambda$  e  $i$  por medio de inductancia L.

Por la ley de Faraday:

$$-\frac{d\lambda}{dt} = \left(-\frac{d\lambda}{di}\right)\left(\frac{di}{dt}\right) = \left(-\frac{d\lambda}{di}\right)\left(\frac{di}{dt}\right) \dots\dots\dots(26)$$

$$L = \lambda/i \dots\dots\dots(27)$$

$$\lambda = N\Phi = NBA \dots\dots\dots(28)$$

$$H_1 = N \cdot i \quad i = H_1/N \dots\dots\dots(29)$$

$$L = N^2BA/H_1 = N^2\mu\left(\frac{A}{i}\right) = N^2P \dots\dots\dots(30)$$

Esto pone la evidencia que la inductancia depende de la forma geométrica de la bobina. La inductancia se mide en Henry o weber-vueltas/Amp. En los circuitos magnéticos estáticos. La inductancia es fija por lo tanto:

$$\epsilon = -\frac{dLi}{dt} = L\left(\frac{di}{dt}\right) + i\left(\frac{dL}{dt}\right) = L\left(\frac{di}{dt}\right) \dots\dots\dots(31)$$

La potencia en los terminales del devanado de un circuito magnético nos da la medida de la energía que fluye en el circuito procedente de tal devanado.

La potencia en los terminales es:

$$p = \epsilon \cdot i = i \frac{dy}{dt} \dots\dots\dots(32)$$

La variación de energía en un circuito magnético durante el tiempo  $t_1$  a  $t_2$  es:

$$W_{campo} = \int_{t_1}^{t_2} p dt = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} i d\lambda \dots \dots \dots (33)$$

$$W_{campo} = \int_{\beta_1}^{\beta_2} \left[ \frac{Hl}{N} \right] (AN) d\beta = Al \int_{\beta_1}^{\beta_2} H d\beta \dots \dots \dots (34)$$

El factor  $Al$ , puede considerarse como el volumen del núcleo, por lo que  $H$  y  $d\beta$  es la energía de densidad magnética. Como los transformadores están integrados por material ferromagnético de relación se aparta de ser lineal en la zona de diseño de los transformadores y las integrales de la fórmula 34 deberá determinarse gráficamente. Debido a Histéresis y a las corrientes parásitas, la relación entre  $H$  y  $B$  no es simple evaluarla.

### 3.1 PERDIDAS POR HISTERISIS

El área debajo de las curvas ascendentes  $ab$  y descendente  $cd$  de la fig.15 (anexo) representa la energía almacenada por el núcleo por unidad de volumen, y el área debajo de las curvas descendente  $bc$  y ascendente  $da$  representan la energía devuelta por el núcleo al circuito eléctrico, por lo tanto el área encerrada en el ciclo de histéresis representa la energía perdida por histéresis.

La expresión empírica de las pérdidas de energía por unidad de volumen y por ciclo

$$W_h = n\beta_{max}^n W_n \dots \dots (35)$$

Donde  $\eta$  y  $n$  dependen del material. Las pérdidas totales por histéresis se calculan con.

$$\beta_n = nfv\beta_{max}^n \dots \dots (36)$$

Donde  $v$  es el volumen en el que la inducción magnética sea uniforme en todos sus puntos y que varíe cíclicamente con una frecuencia  $f$ .

### 3.2 PERDIDAS POR CORRIENTE DE FOUCAULT

La aplicación de la ley de Faraday de la inducción al camino abc da el plano XZ normal a la dirección de  $B$  de al fig.16. da. (Anexo)

$$\oint \vec{E}_x \cdot d\vec{z} = - \frac{d}{dt} \int \vec{B} \cdot \vec{n} da \dots \dots (37)$$

A lo largo del camino abcda

$$\oint \vec{E}_x \cdot d\vec{l} = 2E_x \dots \dots \dots (38)$$

$$- \frac{d}{dt} \oint \vec{B} \cdot \vec{n} \cdot da = - \frac{d}{dt} (2B_x) \dots \dots (39)$$

$$\frac{d}{dt} \oint \vec{B} \cdot \vec{n} \cdot da = - \frac{d}{dt} (2B_x) \dots \dots (40)$$

$$2E_x = -\frac{d}{dt}(2B_x) \dots \dots \dots (41)$$

Si el material conductor tiene una resistividad  $p$ , la densidad de corriente  $J_x$  a lo largo de bc o da es:

$$J_x = \frac{E_x}{p} = -\frac{1}{p} \frac{d}{dt}(B_x) \dots \dots \dots (42)$$

$$J_x = \left[ -\frac{X}{p} \right] \frac{dB}{dt} \dots \dots \dots (43)$$

$x$  no es función de  $t$ .

En los dos planos paralelos a las caras externas y que contienen respectivamente, los segmentos bc, y da, la pérdida instantánea de potencia por unidad de volumen es:

$$J_x^2 p = \frac{x^2}{p} \left[ \frac{dB}{dt} \right]^2 \dots \dots \dots (44)$$

Esta pérdida se produce a la distancia  $x$  del plano YZ del bloque. La pérdida instantánea de potencia en la lámina elemental de espesor  $dx$  es:

$$J_x^2 p dx = \frac{1}{p} \left[ \frac{dB}{dt} \right]^2 x^2 dx \dots \dots \dots (45)$$

La pérdida instantánea en el bloque de anchura unidad, altura y espesor  $\tau=2d$  es:

$$2 \int_0^d J_x^2 p dx = \frac{2}{p} \left[ \frac{dB}{dt} \right]^2 \int_0^d x^2 dx = \frac{2}{3} \frac{d^3}{p} \left[ \frac{dB}{dt} \right]^2 \dots \dots \dots (46)$$

Un cubo unitario de material laminado constituido por láminas iguales contendrá  $1/2d$  de dichos volúmenes, luego la pérdida instantánea por corrientes de Foucault por cambio unitario de material laminado con aislamiento perfecto entre láminas con lo que

no puede existir a través de la laminación es:

$$I_x^2 p = \frac{1}{2d} \left[ \frac{2d^3}{3p} \left( \frac{dB}{dt} \right)^2 \right] = \frac{d^2}{3p} \left[ \frac{dB}{dt} \right]^2 \dots \dots \dots (47)$$

La variación de B suele ser sinusoidal. Llamando b a su valor instantáneo.

$$b = B_{max} \cdot \cos wt \dots \dots \dots (48)$$

$$\frac{db}{dt} = -w B_{max} \cdot \text{sen } wt \dots \dots \dots (49)$$

$$\left[ \frac{db}{dt} \right]^2 = w^2 B_{max}^2 \cdot \text{sen } wt^2 \dots \dots \dots (50)$$

Y por la pérdida instantánea de potencia es:

$$I_x^2 p = \frac{d^2}{3p} w^2 B_{max}^2 \cdot \text{sen } wt^2 \dots \dots \dots (51)$$

Con el valor medio bien de la pérdida de potencia por corrientes de Foucault por unidad de volumen cuando la inducción magnética varía significativamente con frecuencia f, es:

$$P_F = \frac{d^2 2\pi f^2 B_{max}^2}{3p} = \frac{\tau^2 \pi^2 f^2 B_{max}^2}{6p} \dots \dots \dots (52)$$

En un circuito magnético que contenga un volumen v de material laminado del núcleo sometido a las mismas condiciones magnéticas que el anterior volumen unitario, la pérdida media de potencia por corrientes de Foucault es:

$$P_F = V p_f = \frac{V \tau^2 \pi^2 f^2 B_{max}^2}{6p} \dots \dots \dots (53)$$

Donde V en m<sup>3</sup>, f en Hertz,  $\tau$  en metros,  $B_{max}$  en teslas y p ohm-metro;  $p_f$  en watt.

Este análisis teórico nos muestra que las pérdidas originales en el hierro son derivadas de las pérdidas por histéresis y por corrientes de Foucault y que será necesario conocerlas para utilizar el material ferromagnético más indicado. Así es:

- Fabricante de hierro tendrá que fabricar un material que tenga un lazo de histéresis lo mas angosto posible
- Para las frecuencias industriales de 60 HZ que se fabrican los transformadores de distribución, las pérdidas por histéresis suelen estar comprendidas entre los dos tercios a más de la pérdida total.
- La selección es espesor del hierro laminado, y su alta resistividad permiten disminuir las pérdidas por Foucault.
- Disminuir el volumen del núcleo nos permitirá disminuirlas pérdidas por Foucault.
- En el diseño se requiere tener una,  $B_{max}$  la más alta posible, mantener una pérdida aceptable, esta se logrará tomando en cuenta los aspectos anteriormente mencionados.
- Los fabricantes de hierro silicoso nos proporcionan las pérdidas totales  $p_1 = p_f$  y nos indican en,  $\text{vatios/kg}$  de material a diferentes densidades magnéticas y diferentes frecuencias. Si ampliamos la ley de Ampere a un circuito de un transformador con núcleo de hierro como se muestra en la fig.4.2 tendremos:

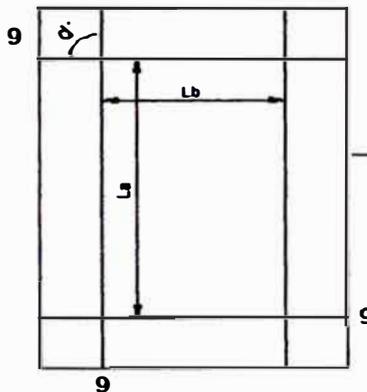
$$N_i = 4H_g g + 2H_f (L_a + L_b) + 4H_f d' \dots \dots \dots (54)$$

La corriente  $i$  es la corriente de vacío, es la que crea el flujo magnético que se constataría en el núcleo. Los materiales magnéticos que se usan son de grano orientado que significa que el flujo tendrá un solo sentido de recorrido a diferencia de los no orientados que pueden conducir el flujo en cualquier sentido pero que tienen una baja densidad magnética.

$$H_g g = \Phi_g \left[ \frac{g}{u_g A_g} \right] \dots \dots \dots (55)$$

Siendo  $\left[ \frac{g}{u_g A_g} \right] = R_g$  la reluctancia del entrehierro lo mismo tendremos para los demás casos así:

$$N_i = 4\Phi_g \left[ \frac{g}{u_g A_g} \right] + 2\Phi_f \frac{(L_a + L_b)}{u_f A_f} + 4\Phi_f' \frac{a'}{u_f' A_f'} \dots \dots \dots (56)$$



$L_a$ : longitud de columna

$L_b$ : longitud de ventana

**Fig.4.2.** Circuito magnético de un núcleo de transformador monofásico

Puesto que el número de espiras es constante el único parámetro que variará será la corriente en el bobinado.

El primer término del segundo miembro de la ecuación (55) se debe al entrehierro, esto significa que se deberá minimizar este valor mediante un buen corte recto y limpio sin rebabas la que provoca un aumento del hierro y hacer un traslape alternado y no en bloque, esto disminuye el entrehierro.

El segundo término está ligado intrínsecamente con el diseño del transformador.

El tercer término está relacionado con el tipo de amarre en que se colocan los hierros, para un montaje del hierro silicoso en sentido transverso la reluctancia es de 2.5 a 3.0 veces mayor haciendo que la corriente eleve su valor.

Los fabricantes de hierro silicoso proporcionan los volt-amperios (potencia aparente va/kg, como las pérdidas en vatios por kilogramo (vatios/kgr) del material para cada frecuencia y densidad magnética empleada.

En el apéndice XXII a nos muestra las curvas mencionadas anteriormente de dos importantes empresas mundiales en la fabricación de fierro silicoso.

### **3.3 PARAMETROS IMPORTANTES EN EL DISEÑO DE TRANSFORMADORES**

El transformador es una de las máquinas eléctricas donde las deducciones matemáticas desarrolladas permiten dar exactamente los valores reales que el transformador tendrá después de fabricado.

$$E_{pf} = 4.44N_1fBA.10^{-8} (V) \dots\dots (57)$$

Multiplicando ambos miembros por las corrientes por fases nominales respectivas y por 3 tenemos:

$$E_{st} = 4.44 N_2 f B A \cdot 10^{-8} \text{ (V) } \dots \dots \dots (58)$$

Sumando (58) y (59)

$$3 I_{pf} \cdot E_{pf} = 4.44 N_1 B A \cdot 10^{-8} \cdot 3 \cdot I_{pf} \text{ (VA) } \dots \dots \dots (59)$$

$$3 I_{sf} \cdot E_{sf} = 4.44 N_2 B A \cdot 10^{-8} \cdot 3 \cdot I_{sf} \text{ (VA) } \dots \dots \dots (60)$$

$$2S = 4.44 N_1 f B A \cdot 10^{-8} \cdot 3 \cdot I_{pf} + 4.44 N_2 f B A \cdot 10^{-8} \cdot 3 \cdot I_{sf} \text{ (cm}^2\text{) } \dots \dots \dots (61)$$

Multiplicando y dividiendo el segundo miembro por la sección de cobre en una ventana

$$A_{cu} = 2 (N_1 S_1 + N_2 S_2) \text{ (cm}^2\text{) } \dots \dots \dots (62)$$

$$S = \frac{6.66 \cdot 10^{-8}}{2} B A f A_{cu} \left[ \frac{N_1 I_1 S_1 + N_2 I_2 S_2}{N_1 S_1 + N_2 S_2} \right] \text{ (cm}^2\text{) } \dots \dots \dots (63)$$

$$S = 3.33 \cdot 10^{-8} B A f A_{cu} \left[ \frac{J_1 S_{cu1} + J_2 S_{cu2}}{S_{cu1} + S_{cu2}} \right] \text{ (cm}^2\text{) } \dots \dots \dots (64)$$

$$S = 3.33 \cdot 10^{-8} B A f A_{cu} J_p \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$\frac{A_{cu}}{A_{fe}} = n \rightarrow A_{cu} = n A_{fe}$$

$$s = 3.33 \cdot 10^{-8} B f A_{fe}^2 J_p \text{ (cm}^2\text{)}$$

$$A_{fe} = \sqrt{\frac{s \cdot 10^8}{3.33 B f n J_p}} \text{ (cm}^2\text{) } \dots \dots \dots (65)$$

$$E_p = 4.44N_1A_{fe}fB \cdot 10^{-8} (V) \dots \dots \dots (66)$$

$$\frac{E_p}{N_1} = E_f = 4.44 \cdot fA_{fe}B \cdot 10^{-8} (V)$$

$$E_f = \sqrt{\frac{4.44 \cdot fA_{fe}B \cdot 10^{-8}}{3.33BfnJ_p}} (V) \dots \dots \dots (67)$$

$$E_f = K_f\sqrt{S} (V) \dots \dots \dots (68)$$

$$K_f = \sqrt{\frac{4.44^2 B \cdot 10^{-8}}{3.33 \cdot n \cdot J_p}} = K \sqrt{\frac{1}{n}} = K \sqrt{\frac{A_{fe}}{A_{cu}}} \dots \dots \dots (69)$$

En el diseño  $f$ ,  $B$  y  $J_p$  son valores normalizados establecidos en la fabricación de los transformadores. El valor  $n = A_{cu}/A_{fe}$  determina un factor económico en la fabricación, es decir, dependiendo del costo del hierro silicio y del alambre, podemos utilizar más de uno que de otro, o hacer un transformador de alta calidad dependiendo de la selección de los materiales.

El valor de  $K_f$  utilizado esta entre 0,4 - 0,53

$$A_{fe} = \frac{E_f}{4.44 \cdot fA_{fe}B \cdot 10^{-8}} \cdot 10^4 (cm^2) \dots \dots \dots (70)$$

En el diseño de transformadores es importante tomar en cuenta que una de las características importantes en la selección de transformadores es que tenga la menor pérdida en el hierro, por ser un parámetro que se considera en las licitaciones. Esta

pérdida es pagada por el usuario estando en vacío o en carga. Por lo que se requiere que el valor de sección de Fe sea conveniente ajustada.

Ahora que tenemos todos los parámetros que están relacionas con el material fierro magnético empezaremos analizando cada una de dichas influencias.

## **CAPITULO IV**

### **DISEÑO DEL TRANSFORMADOR TRIFASICO**

#### **4.1 ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL TRANSFORMADOR DEL TRANSFORMADOR TRIFASICO**

Potencia nominal:	1250	KVA
Potencia para 460 V:	1000	KVA (80%)
Potencia para 230 V:	250	KVA (20%)
Relación transformación en vacío Kv:	22.9 – 10 / 0.46 – 0.23	
Regulación en el lado de 22,9 kv	+- 2x2.5%	
Regulación en el lado de 10 kv	+- 2x3.31%	
Frecuencia:	60 Hz	
Grupo de conexión:	Yyn6-Dyn5	

Nro. De fases:	3
Nro. De aisladores en el lado primario/secundario:	3 / 7
Nivel de aislamiento Interior en el lado primario:	24 / 50 / 125 Kv
Bil exterior:	125 kv
Nivel de aislamiento Interior en el lado secundario:	0.6 /2.5 kv
Tensión de corto circuito (Tcc):	5%
Enfriamiento natural por aceite:	ONAN
$P_{escu}$ = Peso específico del cobre	8.95 gr./cm <sup>3</sup>
$P_{esfe}$ = Peso específico del fierro	7.65 gr./cm <sup>3</sup>
$C_{cu}$ = Costo del cobre	8.9 \$/Kg
$C_{fe}$ = Costo del fierro	5.2 \$/Kg
$W_c$ = Valorización de pérdidas en el cobre	1.4 \$/watts
$W_{fe}$ = Valorización de pérdidas en el fierro	2.3 \$/watts
$\Delta P_{escu}$ = Pérdidas específicas de potencia Cu	2.5 watts/Kg
$\Delta P_{esfu}$ = Pérdidas específicas del fierro a tensión	30 watts/Kg.
$F_{fe}$ = Factor de utilización del fierro	0.8716
$f_a$ = Factor de apilamiento o de relleno	0.96

## 4.2 DIMENSIONAMIENTO DEL NUCLEO MEDIANTE EL PROGRAMA TRAFOTEC.

De las ecuaciones obtenidas en el anexo A, se tiene que la expresión que determina el diámetro de las columnas del núcleo es dada por:

Donde:

$$K_1 = P_{escu} (C_{cu} + W_{cu} \times \Delta P_{escu})$$

$$K_2 = K \times P_{esfe} \times F_{fe}^2 (C_{fe} + W_{fe} \times \Delta P_{esfe})$$

Luego: 
$$D = X \cdot 10^3 \cdot (K_1 / K_2)^{1/4} \text{ (mm)}$$

Siendo: 
$$X = \left[ \frac{(12/\pi) \times (T + m)}{(9T + 4m)} \right]^{1/4}$$

$$K = (7.3485 \times \pi \times f \times B \times J) / 4$$

$$F_{fa} = f_a \times n_f$$

Haciendo: 
$$M_1 = P_{escu} \times F_{cu} \times (C_{cu} + W_{cu} \times \Delta P_{escu})$$

$$M_2 = P_{esfe} \times F_{fe} \times (C_{fe} + W_{fe} \times \Delta P_{esfe})$$

Diremos: 
$$T = \sqrt{(M_1 / M_2)}$$

$$m = \sqrt{\left(\frac{3}{3 + \pi X^4}\right)}$$

Para los valores de "m" y de "X" lo hallaremos de un valor inicial "mo" perteneciente a un intervalo [0.7 - 0.8], obteniéndose un "Xo", de tal manera que, mediante un proceso iterativo se obtendrá un valor constante.

Además:

$$D(= M/T) \text{ (mm)}$$

$$H/D = 4/(\pi \times m \times T \times X^4) \text{ (mm)}$$

$$A = (D \times m)/T \text{ (mm)}$$

$$H = 4 \times D/(\pi \times m \times T \times 4) \text{ (mm)}$$

Donde: D: Diámetro de núcleo

A: Ancho de ventana

H: Altura de ventana

En nuestra empresa se realizó hace algunos años un programa en base a estos principios un programa para optimizar el diseño del núcleo el cual usaremos ahora.

Utilizando el programa TRAFOTEC calculamos las dimensiones del núcleo.

TRAFOTEC Optimización de Diseño de Transformador Trifásico

Referencia: 1250 kva    Anterior    Siguiente    Nro: 1

Usuario: Victor Canchumanya Macha    Nuevo    Salvar

Datos iniciales		Resultados		Optimiza
Potencia [kVA]	1250	Diámetro [mm]	200.06	<input checked="" type="radio"/> Material
Frecuencia [Hz]	60	Ancho de Ventana [mm]	190.52	<input type="radio"/> Pérdidas
Densidad de Flujo [Tesla]	1.7	Altura de columna [mm]	670.69	<input type="radio"/> Operacion
Dens. de Corriente [A/mm <sup>2</sup> ]	3.5	Peso de Hierro [kg]	833.44	
Factor de plenitud del Fe [-]	0.872	Peso de Cobre [kg]	474.79	
Factor de plenitud del Cu [-]	0.3	Costo de Hierro [\$]	4333.89	
Precio del Hierro [\$/kg]	5.2	Costo de Cobre [\$]	4225.64	
Precio del Cobre [\$/kg]	8.9	Suma [\$]	8559.53	
Pérdidas específicas Fe [W/kg]	0.75	Pérdidas Fe [W]	625.08	
Pérdidas específicas Cu [W/kg]	30	Pérdidas Cu [W]	14243.74	
Valorización Pérdidas Fe [\$/W]	2.3	Costo Pérdidas Fe [\$]	1437.69	Calcular
Valorización Pérdidas Cu [\$/W]	1.5	Costo Pérdidas Cu [\$]	21365.6	Imprimir
		Costo de Pérdidas [\$]	22803.29	Salir
		Suma de Costos [\$]	31362.82	

Manuel Carranza / IV 2002

### RESULTADOS DEL TRAFOTEC:

Según vemos el trafotec nos da las dimensiones mínimas del transformador pero en este caso tomaremos como seguridad un diámetro mayor y una altura mayor por ser este transformador de doble tensión en AT y BT para tener una mayor efectividad en nuestro diseño. Entonces nuestras dimensiones serán:

**Diámetro de columna    D = 220 mm**

**Ancho de ventana    A = 190 mm**

**Altura de columna    H = 710 mm.**

## SEPARACIONES DE AISLAMIENTO

SEPARACIONES DE AISLAMIENTO mm							
Un kV	1 Al Yugo	2 Al Núcleo	3 Entre Baja y Alta tensión			4 E.Fases	
<b>TRANSFORMADORES EN ACEITE</b>							
			Aceite	Cartón	Aceite	Total	Aceite
6	6	12	4	2.0	4.0	10.0	12
11	10	15	4	2.5	4.0	10.5	15
22	10	25	4	3.0	4.0	11.0	15
33	10	40	5	5.0	5.0	15.0	20
50	10	50	5	5.0	8.0	18.0	25
<b>TRANSFORMADORES EN AIRE</b>							
1.1	3	10	6	1.5	6	13.5	10
3.3	4	20	6	2.0	6	14.0	15
6.6	5	30	6	2.5	6	14.5	20

Distancia al yugo AT : 32 mm

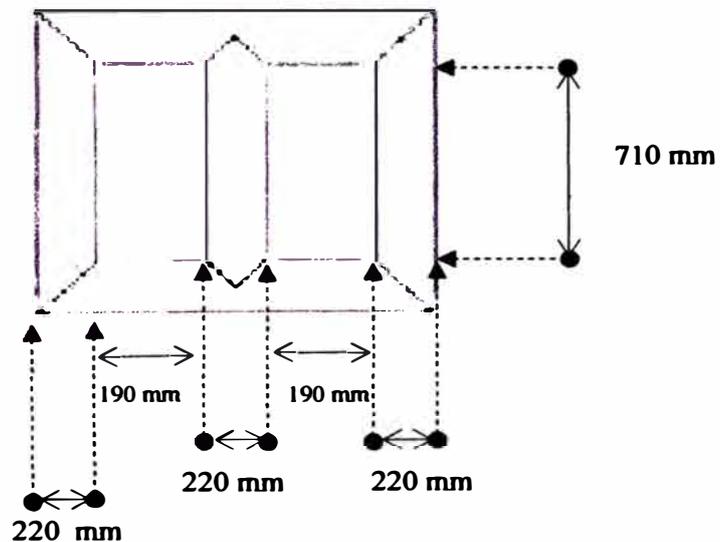
Distancia al yugo BT : 12 mm

Distancia al núcleo : 8 mm

Distancia entre AT y BT : 13 mm

Distancia entre fases : 22 mm

Tenemos:



Considerando 5 escalones para determinar el factor de plenitud del hierro, de la Tabla de Sección de Escalonadas, se tiene:

TABLA DE NUCLEOS ESCALONADOS															
	1		2		3		4		5		6		7		Inf
	Anch	Espe	Anch												
1	0.707	0.707	0.851	0.526	0.906	0.442	0.933	0.359	0.950	0.314	0.961	0.277	0.969	0.248	
2			0.526	0.325	0.707	0.283	0.795	0.247	0.846	0.220	0.881	0.196	0.905	0.177	
3					0.424	0.199	0.607	0.189	0.707	0.174	0.775	0.158	0.829	0.144	
4							0.359	0.138	0.534	0.139	0.647	0.131	0.722	0.122	
5									0.314	0.104	0.492	0.108	0.604	0.105	
6											0.300	0.083	0.467	0.088	
7													0.300	0.69	
Inf.															0.300
Ff	0.637		0.787		0.851		0.886		0.908		0.923		0.933		0.988
Fn	0.902		0.965		0.989		1.000		1.007		1.011		1.014		1.055

Para cinco escalones:  $Ff = 0.9078$ . Tomando un factor de apilamiento  $Fa = 0.96$ , se calcula la sección de fierro:

### 4.3 DISPOSICIÓN DE ARROLLAMIENTO EN BAJA TENSIÓN (460 V)

Calculo del número de espiras

$$E_f = 0,8716 \quad D = 0,220 \text{ m}$$

Entonces:

$$S_f = \frac{\pi x D^2 x E_f}{4} = 0.033132 \text{ (m}^2\text{)}$$

$$V/\text{espira} = 4.44 x f x S_f x B_m$$

$$V/\text{espira} = 4.44 x 60 x 0.033132 x 1.7 = 15.004 \text{ (volt/espiras)}$$

$$\# \text{ espiras} = \frac{V_{\text{fase}}}{V_{\text{espira}}} = \frac{265.58}{15.004} = 17.705 \text{ espiras} = 18 \text{ espiras}$$

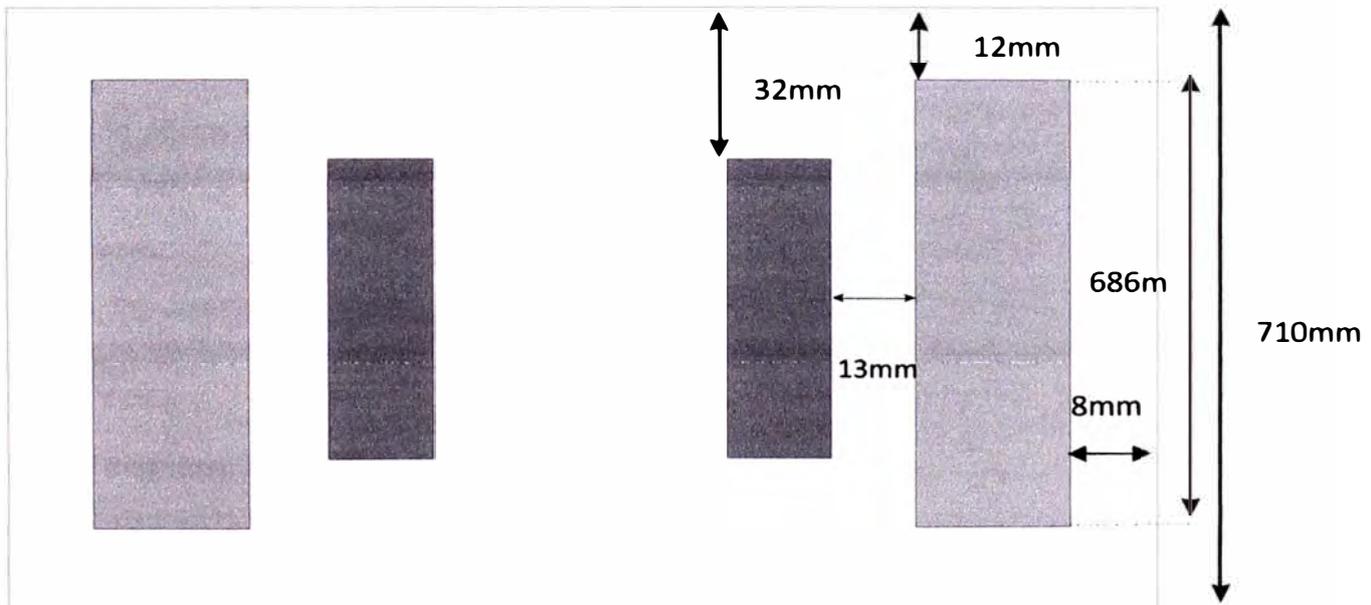
Tenemos 18 espiras entonces el  $B_m$  de diseño sera:

$$B_m = 1.7 \times 17.705 / 18 = 1.672 \text{ (teslas)}$$

Físicamente se escogen 1espira mas para que sea espiral, teniendo 19 espiras.

#### 4.3.1 Calculo de la Sección de la platina

Dibujando las distancias de las bobinas a los yugos y columna del núcleo.



$$I_1 = \frac{1000000}{460\sqrt{3}} = 1255.11 \text{ (A)}$$

Calculando la sección del conductor:

$$S_c = \frac{1255.11}{3.5} = 359.6028 \text{ (mm}^2\text{)}$$

#### **4.3.2 Calculo de la longitud disponible del conductor**

En baja tensión separación mínima disponible es de **12mm.** de distancia al yugo

Resulta: **Altura de columna – (2x12) = 710 – 24 = 686 mm disponibles.**

Como altura disponible para el arrollamiento es 686 mm y tenemos 18 espiras y consideramos 2 capas de 9 espiras cada una más 1 para el cruce se tendrá: 10 espiras cada capa

Por lo tanto la altura disponible por espira será:

$$\frac{686}{10} = 68.6 \text{ mm.}$$

**Resumiendo:**

Sección de alambre: 359,6028 mm<sup>2</sup>

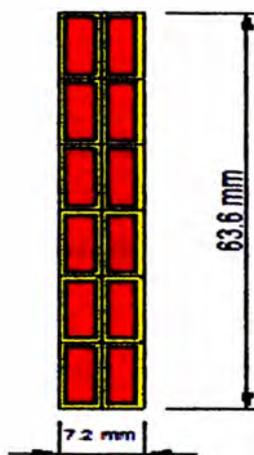
Número de espiras: 10 por cada capa

Altura disponible por espira: 68,6 mm

Del cuadro de sección rectangular elegimos lo siguiente:

Ensayando algunas combinaciones se tiene 3 conductores adyacentes de 10 mm de ancho, este conductor con su aislamiento de 0,3 mm de papel consideramos que tiene un ancho de:  $\text{Ancho con aislamiento} = 10 + (2 \times 0.3) = 10.6 \text{ mm}$

Por conductor es  $= 10.6 \times 6 = 63.6 \text{ mm}$



El total de ancho de los conductores es de  $: 63.6 \times 10 = 636 \text{ mm}$ .

La altura inicial de 686 mm tenemos una diferencia de 25 mm de separación al yugo en cada lado.

Entonces la altura total es  $: 666 + (2 \times 25) = 686 \text{ mm}$ .

#### 4.3.3 Calculo espesor de la platina

Habiendo ya elegido tres conductores adyacentes, de 10 mm de ancho se debe buscar en la tabla con qué espesor se logra la sección requerida. Esta es

$$359.6028/6 = 59.934 \text{ mm.}$$

De la tabla de conductores se escoge 3 mm de espesor con lo que se tiene, con dos conductores superpuestos, una sección de  $2 \times 29.4 = 58.8 \text{ mm}^2$

La superficie del conductor eléctrico es  $6 \times 58.8 = 352.8 \text{ mm}$  y la densidad de corriente:

$$J_b = 1255.11/352.8 = 3.56 \text{ (A/mm}^2\text{)}$$

Escogemos un conductor de 3mm de espesor con un ancho de 10mm. La sección será de  $29,4 \text{ mm}^2$ .

$$\text{Hallamos el espesor total del conductor : } (3.0 + 0.6) \times 2 = 7.2 \text{ mm.}$$

$$\text{Hallamos el ancho total del conductor será : } (10 + 0.6) \times 6 = 63.6 \text{ mm}$$

#### 4.4 DISPOSICIÓN DE ARROLLAMIENTO EN BAJA TENSIÓN (230 V)

Calculo del número de espiras

$$E_f = 0,8716 \quad D = 0,220 \text{ m}$$

Entonces:

$$S_f = \frac{\pi \times D^2 \times E_f}{4} = 0.033132 \text{ m}^2$$

$$V/\text{espira} = 4.44 \times f \times S_f \times B_m$$

$$V/\text{espira} = 4.44 \times 60 \times 0.03231 \times 1.7 = 15.004 \text{ volt/espiras}$$

$$\# \text{ espiras} = \frac{V_{\text{fase}}}{V_{\text{espira}}} = \frac{132.79}{15.004} = 8.8503 \text{ espiras} = 9 \text{ espiras.}$$

Tenemos 9 espiras entonces el  $B_m$  de diseño sera:

$$B_m = 1.7 \times \frac{8.8503}{9} = 1.672 \text{ teslas.}$$

Fisicamente se escogen 1 para que sea espira Entonces necesitamos 10 espiras.

#### 4.4.1 Calculo de la Sección de la platina

Dibujando las secciones mínimas de los arrollamientos

$$I_1 = \frac{250000}{230\sqrt{3}} = 627.55 \text{ A}$$

Calculando la sección del conductor:

$$S_c = \frac{627.55}{3.5} = 179.3 \text{ mm}^2$$

#### 4.4.2 Calculo de la longitud disponible de la platina

En baja tensión separación mínima disponible es de **12mm** de distancia al yugo

Resulta: Altura de columna – (2x12) = 710 – 24 = **686 mm** disponibles.

Como altura disponible para el arrollamiento es 686 mm y tenemos 9 espiras y consideramos 1 capa de 10 espiras cada una.

Por lo tanto la altura disponible por espira será:

$$\frac{686}{10} = 68.6 \text{ mm}$$

Resumiendo:

Sección de alambre:  $179.3 \text{ mm}^2$

Número de espiras: 10 por cada capa

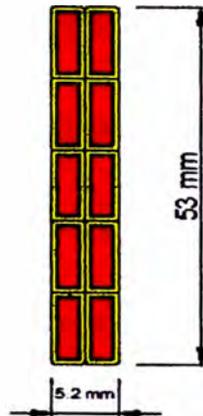
Altura disponible por espira: 68,6 m

Del cuadro de sección rectangular elegimos lo siguiente:

Ensayando algunas combinaciones se tiene 5 conductores adyacentes de 10 mm de ancho, este conductor con su aislamiento de 0,3 mm de papel consideramos que tiene un ancho de

$$\text{Ancho con aislamiento} = 10 + (2 \times 0.3) = 10.6 \text{ mm}$$

$$\text{Por conductor es} = 10.6 \times 5 = 53 \text{ mm}$$



El total de ancho de los conductores es de :  $53 \times 10 = 530 \text{ mm}$ .

La altura inicial de 686 mm tenemos una diferencia de 78 mm de separación al yugo en cada lado.

Entonces la altura total es :  $530 + (2 \times 78) = 686 \text{ mm}$ .

#### 4.4.3 Calculo del espesor de la platina

Habiendo ya elegido 5 conductores adyacentes, de 10 mm de ancho se debe buscar en la tabla con qué espesor se logra la sección requerida. Esta es

$$179.3/5 = 35.86 \text{ mm}^2.$$

De la tabla de conductores se escoge 2 mm de espesor con lo que se tiene, con **dos conductores superpuestos**, una sección de  $2 \times 19.6 = 39.2 \text{ mm}^2$ .

La superficie del conductor eléctrico es  $5 \times 39.2 = 196 \text{ mm}^2$  y la densidad de corriente:

$$J_b = 627.55 / 196 = 3.21 \text{ A/mm}^2$$

Escogemos un conductor de 2mm de espesor con un ancho de 10mm.

La sección será de 19.8 mm<sup>2</sup>.

Hallamos el espesor total del conductor :  $(2.0 + 0.6) \times 2 = 5.2 \text{ mm}$ .

Hallamos el ancho total del conductor será :  $(10 + 0.6) \times 5 = 53 \text{ mm}$ .

#### 4.5 DISPOSICIÓN DE ARROLLAMIENTO EN ALTA TENSIÓN (DELTA: 10 KV)

Calculo del número de espiras

$$E_f = 0,8716 \quad D = 0,220 \text{ m}$$

Entonces:

$$S_f = \frac{\pi \times D^2 \times E_f}{4} = 0.033132 \text{ m}^2$$

$$V/\text{espira} = 4.44 \times f \times S_f \times B_m$$

$$V/\text{espira} = 4.44 \times 60 \times 0.033132 \times 1.672 = 14.757 \text{ volt/espiras}$$

$$\# \text{ espiras} = \frac{V_{\text{fase}}}{V_{\text{espira}}} = \frac{10662}{14.757} = 722.51 \text{ espiras} = 723 \text{ espiras.}$$

#### 4.5.1 Calculo de la sección de alambre:

$$I_1 = \frac{1250000}{10000\sqrt{3}} = 72.17 \text{ A}$$

$$I_f = \frac{I_1}{\sqrt{3}} = 41.67 \text{ A}$$

Calculando la sección del conductor:

$$S_c = \frac{41.673}{3.5} = 11.905 \text{ mm}^2$$

#### 4.5.2 Calculo de la longitud disponible del alambre

De la tabla de alambre de sección circular escogemos 4 alambres en paralelo.

AWG 13 de 2.63 mm<sup>2</sup>

Diámetro: 0.183 mm

Da: 0.194 mm



En alta tensión: 4 conductores de 13 AWG

4 Adyacentes ,1 superpuestos con una sección total de

$$4 * 1 * 2.63 = 10.52 \text{ mm}^2$$

La densidad de corriente será:

$$J_b = \frac{41.67}{10.52} = 3.96 \text{ A/mm}^2$$

Siendo la separación al yugo 25 mm se tiene una altura disponible de arrollamiento

$$710 - 2 \times 25 = 660 \text{ mm}$$

### **Espiras por Capas**

Esta se calcula dividiendo la longitud disponible entre el diámetro aislado:

$$660 / (4 * 1.94) = 85.05$$

Resulta: 85 espiras por capa a lo mucho, luego hacemos combinaciones llegando a 10 capas, 9 capas con 79 espiras y 1 capas con 12 espiras haciendo un total de 723 espiras.

### **4.5.3 Calculo de separación entre capas de la bobina**

Se cuida que la sollicitación del aislamiento entre capas no supere los  $3 \text{ Kv/mm}$ .

Esta sollicitación se obtiene dividiendo el doble de la tensión por capa entre el espesor total de aislamiento, incluyendo el aislamiento del alambre. En este caso

$$\text{El doble tensión entre capas es} = 2 * 79 * 14.753 = 2330.97 \text{ V}$$

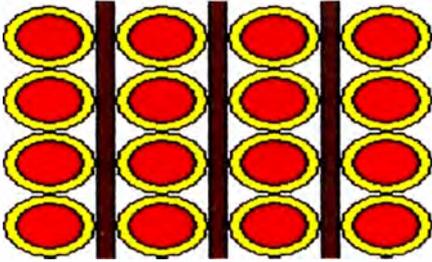
Para no exceder los  $3 \text{ Kv/mm}$  se necesita un espesor total  $2.331/3 = 0.776 \text{ mm}$ .

El espesor de aislamiento del alambre es :  $0.194 - 0.183 = 0.011 \text{ mm}$ .

Se necesita un espesor adicional de :  $0.776 - 0.011 = 0.765 \text{ mm}$ .

Se escoge una separacion de  $0.8 \text{ mm}$  aproximado entre capas.

El espesor total arrollamiento es  $4 \times 0.194 + 3 \times 0.765 = 3.071 \text{ mm}$ .



En alta tensión:

4 capas de alambre 13 AWG Sección:  
 $10.52 \text{ mm}^2$

Separación entre capas: 0.8 mm de cartón

#### 4.6 DISPOSICIÓN DE ARROLLAMIENTO ALTA TENSIÓN (ESTRELLA: 22.9 KV)

Calculo del número de espiras

$E_f = 0,8716$      $D = 0,220 \text{ m}$     Entonces:

$$S_f = \frac{\pi \times D^2 \times E_f}{4} = 0.033132 \text{ m}^2$$

$$V_{\text{espira}} = 4.44 \times f \times S_f \times B_m$$

$$V_{\text{espira}} = 4.44 \times 60 \times 0.033132 \times 1.672 = 14.754 \text{ volt/espiras}$$

$$\# \text{ espiras} = \frac{V_{\text{fase}}}{V_{\text{espira}}} = \frac{13882.39}{14.754} = 940.92 \text{ espiras} = 941 \text{ espiras}$$

##### 4.6.1 Calculo de la sección de alambre

$$I_1 = \frac{1250000}{22900\sqrt{3}} = 31.51 \text{ A}$$

$$I_f = I_1 = 31.51 \text{ A}$$

Calculando la sección del conductor:

$$S_c = \frac{31.51}{3.5} = 9.0 \text{ mm}^2$$

#### 4.6.2 Calculo de la longitud disponible del alambre

De la tabla de alambre de sección circular escogemos 4 alambres en paralelo.

AWG 13 de 2.63 mm<sup>2</sup>

Diámetro: 0.183 mm

Da: 0.194 mm

En alta tensión: 4x13 AWG



4 Adyacentes ,1 superpuestos con una sección total de

$$4 * 1 * 2.63 = 10.52 \text{ mm}^2$$

La densidad de corriente será:

$$J_b = \frac{31.51}{10.52} = 3.0 \text{ A/mm}^2$$

Siendo la separación al yugo **25 mm** se tiene una altura disponible de arrollamiento

$$710 - 2 * 25 = 660 \text{ mm.}$$

#### **Espiras por Capas**

Esta se calcula dividiendo la longitud disponible entre el diámetro aislado:

$$660 / (4 * 1.94) = 85.05$$

Resulta: 85 espiras por capa a lo mucho, luego hacemos combinaciones llegando a 5 capas con 79 espiras y 7 capas con 78 espiras haciendo un total de 941 espiras.

#### 4.6.3 Calculo de la separación entre capas de la bobina

Se cuida que la sollicitación del aislamiento entre capas no supere los  $3 \text{ Kv/mm}$ .

Esta sollicitación se obtiene dividiendo el doble de la tensión por capa entre el espesor total de aislamiento, incluyendo el aislamiento del alambre. En este caso

*El doble tension entre capas es =  $2 * 79 * 14.753 = 2330.97 \text{ V}$ .*

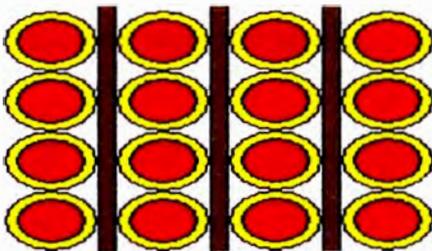
Para no exceder los  $3 \text{ Kv/mm}$  se necesita un espesor total  $2.331/3 = 0.776 \text{ mm}$ .

El espesor de aislamiento del alambre es :  $0.194 - 0.183 = 0.011 \text{ mm}$ .

Se necesita un espesor adicional de :  $0.776 - 0.011 = 0.765 \text{ mm}$ .

Se escoge una separacion de  $0.8 \text{ mm}$  aproximado entre capas.

El espesor total arrollamiento es  $4 \times 0.194 + 3 \times 0.765 = 3.071 \text{ mm}$ .



En alta tensión:

4 capas de alambre 13 AWG  
Sección:  $10.52 \text{ mm}^2$

Separación entre capas:  $0.8 \text{ mm}$  de cartón

A continuación dimensionaremos las bobinas radialmente y axialmente tomando como criterios los aislamientos entre capas, espiras canales de refrigeración los cuales serán considerados para obtener las dimensiones axiales y radiales de la bobinas. **Ver detalle en el plano de diagrama de bobinado en la sección planos.**

#### **Diámetros:**

Núcleo	:	220 mm
Sep. Núcleo / BT <sub>1</sub>	:	2x5 = 10 mm
Diámetro interno BT <sub>1</sub>	:	230mm
Espesor BT <sub>1</sub>	:	2x18.7=37.4 mm
Diámetro externo BT <sub>1</sub>	:	267,4mm
Sep. BT <sub>1</sub> / BT <sub>2</sub>	:	2 mm
Diámetro interno BT <sub>2</sub>	:	269.4 mm
Espesor BT <sub>2</sub>	:	2X5.35= 10.7 mm
Diámetro exterior BT <sub>2</sub>	:	269.4+10.7 = 280.1 mm
Separación BT <sub>2</sub> - AT <sub>1</sub>	:	2x13 = 26 mm
Diámetro interior de AT <sub>1</sub>	:	306.10 mm
Espesor de AT <sub>1</sub>	:	31.95x2 =63.9 mm
Diámetro Exterior de AT <sub>1</sub>	:	370 mm
Diámetro Exterior de AT <sub>2</sub>	:	380.14 mm

## 4.7 DETERMINACION DE PÉRDIDAS EN EL TRANSFORMADOR

### 4.7.1 Calculo del peso y pérdidas del núcleo

El peso del núcleo se calcula con la siguiente fórmula:

$$G_f = \gamma \times S_f \times (3H + 4A + 6D)$$

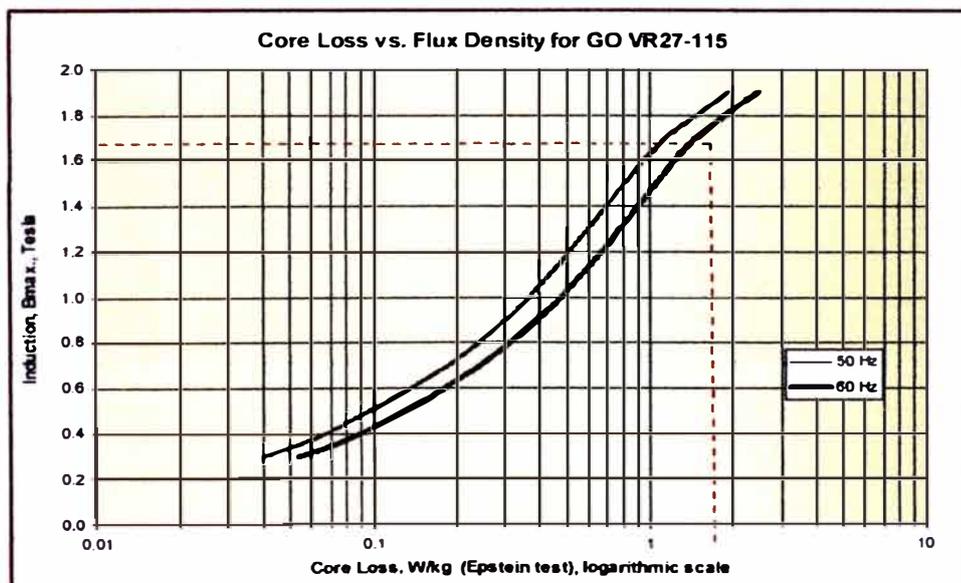
Donde:

H: Altura de núcleo.                      A: Ancho de ventana.

D: Diámetro de núcleo.                  S<sub>f</sub>: Sección del núcleo

$$G_f = 7.8 \times 3.231 \times (3 \times 7.1 + 4 \times 1.7 + 6 \times 2.2) = 1040.834 \text{ Kg}$$

Las pérdidas totales en el hierro se calculará, teniendo presente la curva de pérdidas mostradas en la Figura que corresponde al hierro silicoso de espesor  $t = 0.30 \text{ mm}$ .



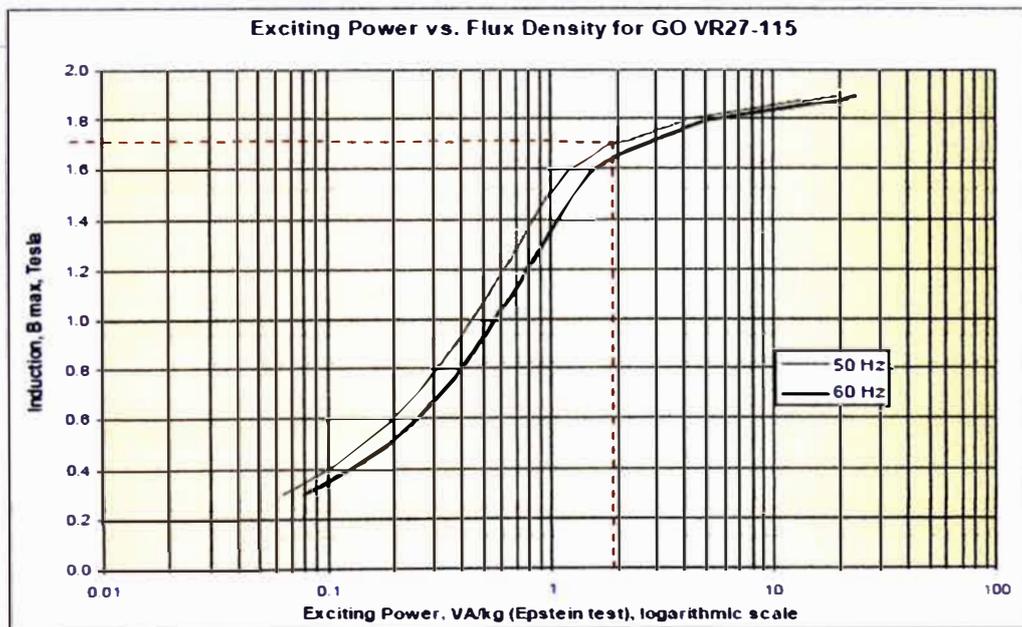
Ahora calculamos las pérdidas específicas en el hierro (ver grafica anterior), de donde observamos que este valor es:  $1.8 \text{ W/kg}$

$$W_{fe} = G_f \times W_{\text{especifico}} \text{ (Watts)}$$

$$W_{fe} = 1040.834 \times 1.8 = 1873.50 \text{ (Watts)}$$

#### 4.7.2 Calculo de la corriente en vacío ( $I_0$ )

Para el cálculo de la corriente de vacío, tenemos primero que tener el valor de la corriente de magnetización que está en función de los VA/Kg. Este valor lo obtenemos de la figura mostrada, dado por el fabricante.



La potencia aparente por kilogramo es de 2.5 VA/kg. En este valor obtenido de las curvas de la gráfica ya están incluidas las pérdidas en las juntas.

$$I_0 = \frac{VA/kg \text{ de nucleo construido } \times Gfe}{\sqrt{3} \times Tension \text{ nominal}} \quad (A)$$

$$I_0 = \frac{2.5 \times 1040.834}{\sqrt{3} \times 460} = 3.266 \quad (A)$$

Esta corriente se ve incrementada debido a que hay que magnetizar en entrehierro y por ende la corriente de vacío, tomando un incremento del 150% será:

$$I_{mag} = I_0 \times (1 + 1.5) = 8.165 \quad (A)$$

La corriente de vacío también se ve influenciada por los fenómenos de histéresis y las corrientes parásitas:

$$I_{hs} = \frac{Wfe}{\sqrt{3} \times Tension \text{ nominal}} = 2.352 \quad (A)$$

Por lo tanto la corriente de vacío total será:

$$I_{ot} = \sqrt{I_{mag}^2 + I_{rh}^2} = 8.497 \quad (A)$$

### 4.7.3 Calculo del peso y pérdidas del cobre

#### 4.7.3.1 Peso y pérdidas para (460 V)

Diámetro interior	:	230 mm
Diámetro exterior	:	267.4 mm
Diámetro medio	:	248.7 mm

$$G_{cb} = \pi * D_m * N_b * S_{cu} * \gamma * 3 \text{ (Kg)}.$$

$$G_{cb} = \pi * 2.487 * 18 * 0.03528 * 8.9 * 3 = 132.48 \text{ (Kg)}.$$

Con 12 % de suplemento para derivaciones: 148.377 kg

$$P_{cu} = 2.427 * Jb^2 * G_{cb} \text{ (Watts)}.$$

$$P_{cu} = 2.427 * 3.56^2 * 148.377 = 4563.902 \text{ (Watts)}.$$

#### 4.7.3.2 Peso y pérdidas para (230 V)

Diámetro interior	:	269.4 mm
Diámetro exterior	:	280.1 mm
Diámetro medio	:	274.75 mm

$$G_{cb} = \pi * D_m * N_b * S_{cu} * \gamma * 3 \text{ (Kg)}.$$

$$G_{cb} = \pi * 2.7475 * 9 * 0.0196 * 8.9 * 3 = 40.6534 \text{ (Kg)}$$

Con 12 % de suplemento para derivaciones: 45.531 kg

$$P_{cu} = 2.427 * Jb^2 * Gcb \text{ (Watts)}.$$

$$P_{cu} = 2.427 * 3.21^2 * 45.531 = 1138.641 \text{ (Watts)}$$

#### 4.7.3.3 Peso y pérdidas para (10 kV)

Diámetro interior : 306.1

Diámetro exterior : 370 mm

Diámetro medio : 338.05 mm

$$Gcb = \pi * D_m * N_b * S_{cu} * \gamma * 3 \text{ (Kg)}.$$

$$Gcb = \pi * 3.3805 * 723 * 0.001052 * 8.9 * 3 = 215.67 \text{ (Kg)}$$

Con 12 % de suplemento para derivaciones: 241.56 kg

$$P_{cu} = 2.427 * Jb^2 * Gcb \text{ (Watts)}.$$

$$P_{cu}(10/0.46 \text{ kv}) = 2.427 * 3.16^2 * 241.56 = 5854.218 \text{ (Watts)}$$

$$P_{cu}(10/0.23 \text{ kv}) = 2.427 * 0.79^2 * 241.56 = 365.888 \text{ (Watts)}$$

#### 4.7.3.4 Peso y pérdidas para (22.9 kV)

Diámetro interior : 306.1 mm

Diámetro exterior : 380.14 mm

Diámetro medio : 343.12 mm

$$Gcb = \pi * D_m * N_b * S_{cu} * \gamma * 3 \text{ (Kg)}.$$

$$G_{cb} = \pi * 3.4312 * 941 * 0.001052 * 8.9 * 3 = 284.91 \text{ (Kg)}$$

Con 12 % de suplemento para derivaciones: 319.09 kg

$$P_{cu} = 2.427 * Jb^2 * G_{cb} \text{ (Watts)}.$$

$$P_{cu}(22.9/0.46 \text{ kv}) = 2.427 * 2.4^2 * 319.09 = 4460.725 \text{ (Watts)}$$

$$P_{cu}(22.9/0.23 \text{ kv}) = 2.427 * 0.6^2 * 319.09 = 278.79 \text{ (Watts)}$$

<b>Resumen de pérdidas en el cobre</b>	
Baja tensión 230 V	1138.641 (Watts)
Baja tensión 460 V	4563.902 (watts)
Alta tensión (10/0.46 kV)	5854.218 (watts)
Alta tensión (10/0.23 kV)	365.888 (watts)
Alta tensión 22.9/0.46 k V	4460.725 (watts)
Alta tensión 22.9/0.23 kV	278.79 (watts)
Perdidas Núcleo	1873.50 (watts)
<b>Pérdidas totales</b>	<b>18622.762 (watts)</b>

#### 4.8 CALCULO DE LA TENSION DE CORTOCIRCUITO.

- Componente Óhmica de la tensión de corto circuito.
- Componente Inductiva de la tensión de corto circuito (Factor de Rogowski).
- Obtención de la tensión de corto circuito total.

##### 4.8.1 Calculo de la componente Óhmica

La componente Óhmica de la tensión de corto circuito se obtiene al dividir la pérdidas totales en el cobre entre la potencia del transformador.

$$U_r(\%) = \sum \frac{P_{cu}}{P_N} \times 100$$

Donde:  $P_{cu}$  : Suma de pérdidas, en alta y baja tensión, en (W)

$P_N$  : Potencia nominal del transformador en VA

$U_r$  : Componente óhmica de la tensión de corto (%)

$$U_r(22.9/0.46 \text{ kV}) = \frac{(4460.725 + 4563.902)}{1000000} \times 100 = 0.9024 (\%)$$

$$U_r(10/0.46 \text{ kV}) = \frac{(5854.218 + 4563.902)}{1000000} \times 100 = 1.04 (\%)$$

$$U_r(22.9/0.23 \text{ kV}) = \frac{(365.88 + 1138.641)}{250000} \times 100 = 0.601 (\%)$$

$$U_r(10/0.23 \text{ kV}) = \frac{(278.79 + 1138.641)}{250000} \times 100 = 0.567 (\%)$$

#### 4.8.2 Cálculo de la componente Inductiva: (Fórmula de Arnold – Kapp)

$$U(\%) = 2.48 \times 10^{-5} \times f \times d_m \left( \frac{a}{3} + c + \frac{b}{3} \right) \times N_p^2 \times I_p \times \frac{K_R}{U_{fase}^2}$$

Donde:

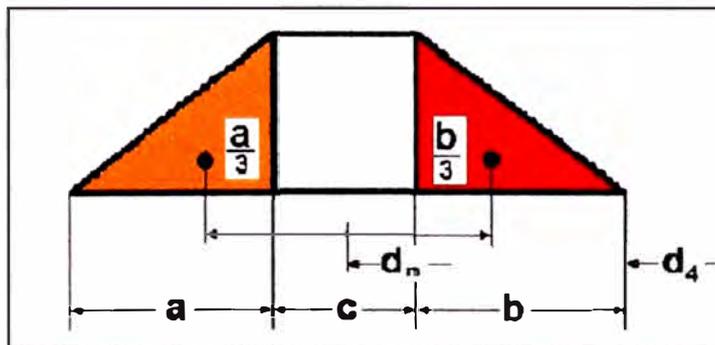
- U = tensión inducida (V)
- F = frecuencia (Hz)

- $d_m$  = diámetro medio del arrollamiento (cm)
- $a$  = espesor radial del primario (cm)
- $b$  = espesor radial del secundario (cm)
- $c$  = espesor radial del canal de dis. (cm)
- $N_p$  = Nro de espiras primarias
- $I_p$  = intensidad primaria (A)
- $K_R$  = factor de Rogowski
- $h$  = altura del arrollamiento (cm)

El factor  $2.48 \times 10^{-5}$ , resulta del producto de:

- Permeabilidad magnética del aire :  $4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$
- Paso de valor eficaz a amplitud de I :  $\sqrt{2}$
- Paso de amplitud a valor eficaz de V :  $\sqrt{2}$
- Para pasar de diámetro a circunferencia :  $\pi$

**(Para 22.9/0.46 Kv)**



Diámetro interno  $BT_1$  :  $d_4 = 230$  mm

Espesor bobinado AT<sub>2</sub> : a = 37.02 mm

Espesor bobinado BT<sub>1</sub> : b = 18.7 mm

Canal de dispersión : c = 19.4 mm

Altura media (h) : (636 + 619.2) / 2 = 627.6 mm

$$dm = d_4 + \frac{a}{3} + \frac{5b}{3} + c$$

$$dm = 230 + \frac{37.02}{3} + \frac{5 \times 18.7}{3} + 19.4 = 292.907 \text{ mm.}$$

El factor de ROGOWSKY:

$$r = \frac{(a + b + c)}{(\pi x h)}$$

$$r = \frac{(37.02 + 18.7 + 19.4)}{(\pi x 627.6)} = 0.038099$$

Así tendremos:

$$K_R = 1 - rx \left(1 - e^{-\frac{1}{r}}\right)$$

$$K_R = 1 - 0.038099x \left(1 - e^{-\frac{1}{0.038099}}\right) = 0.9619$$

**Formula de Arnold Kapp**

$$U_x = 2.48 \times 10^{-5} \times 60 \times 29.2907 \left( \frac{3.702}{3} + 1.94 + \frac{1.87}{3} \right) \times 18^2 \times 1255.11 \times \frac{0.9619}{265.58 \times 62.76}$$

$$U_x = 3.8838 (\%)$$

$$U_K = \sqrt{U_r^2 + U_x^2} = 3.9873 (\%).$$

**(Para 10/0.46 Kv)**

$$dm = 230 + \frac{31.95}{3} + \frac{5 \times 18.7}{3} + 19.4 = 291.216 \text{ mm.}$$

El factor de ROGOWSKY:

$$r = \frac{(a + b + c)}{(\pi x h)}$$

$$r = \frac{(31.95 + 18.7 + 19.4)}{(\pi x 627.6)} = 0.03553$$

Así tendremos:

$$K_R = 1 - rx(1 - e^{-\frac{1}{r}})$$

$$K_R = 1 - 0.03553x \left(1 - e^{-\frac{1}{0.03553}}\right) = 0.96447$$

$$U_x = 2.48 \times 10^{-5} \times 60 \times 29.1216 \left(\frac{3.195}{3} + 1.94 + \frac{1.87}{3}\right) \times 18^2 \times 1255.11 \times \frac{0.96447}{265.58 \times 62.76}$$

$$U_x = 3.70 (\%)$$

$$U_K = \sqrt{3.7^2 + 1.04^2} = 3.843 (\%)$$

**(Para 22.9/0.23 Kv)**

$$dm = 269.4 + \frac{37.02}{3} + \frac{5 \times 5.35}{3} + 13 = 303.6566 \text{ mm}$$

$$h = (530 + 619.2)/2 = 574.6 \text{ mm.}$$

El factor de ROGOWSKY:

$$r = \frac{(a + b + c)}{(\pi x h)}$$

$$r = \frac{(37.02 + 5.35 + 13)}{(\pi \times 574.6)} = 0.03067$$

Así tendremos:

$$K_R = 1 - rx(1 - e^{-\frac{1}{r}})$$

$$K_R = 1 - 0.03067x(1 - e^{-\frac{1}{0.03067}}) = 0.96933$$

$$U_x = 2.48 \times 10^{-5} \times 60 \times 30.365 \left( \frac{3.702}{3} + 1.3 + \frac{0.535}{3} \right) \times 9^2 \times 627.55 \times \frac{0.96933}{132.79 \times 57.46}$$

$$U_x = 0.7421 (\%)$$

$$U_K = \sqrt{0.7421^2 + 0.601^2} = 0.9119 (\%)$$

(Para 10/0.23 Kv)

$$dm = 269.4 + \frac{31.95}{3} + \frac{5 \times 5.35}{3} + 13 = 301.9666 \text{ mm}$$

El factor de ROGOWSKY:

$$r = \frac{(a + b + c)}{(\pi x h)}$$

$$r = \frac{(31.95 + 5.35 + 13)}{(\pi x 574.6)} = 0.02786$$

Así tendremos:

$$K_R = 1 - rx(1 - e^{-\frac{1}{r}})$$

$$K_R = 1 - 0.02786x \left(1 - e^{-\frac{1}{0.02786}}\right) = 0.9721$$

$$U_x = 2.48 \times 10^{-5} \times 60 \times 30.1966 \left(\frac{3.195}{3} + 1.3 + \frac{0.535}{3}\right) \times 9^2 \times 627.55 \times \frac{0.9721}{132.79 \times 57.46}$$

$$U_x = 0.738 (\%)$$

$$U_K = \sqrt{0.738^2 + 0.567^2} = 0.931 (\%)$$

## **CAPITULO V**

### **EVALUACIÓN ECONOMICA**

Evaluaremos las diferentes consideraciones que se han hecho desde el punto de vista económico. Para la evaluación tomaremos los precios referenciales en el mercado de los materiales constituyentes:

#### **5.1 PRECIO DE VENTA (V)**

Valor de los componentes activos más importantes (núcleo y bobinas). Este precio se determina por el importe que resulta una vez terminado y montado fuera del tanque.

El aceite, aislantes, accesorios estructurales, etc., se tomaran como constantes aditivas para llegar al precio global.

Por lo tanto, el precio de venta será calculado de acuerdo a la siguiente relación:

$$V (\$) = \Phi_{fe} \times G_{fe} + \Phi_{Cu} \times G_{Cu}$$

Donde:

$V$  = Precio de venta (\$)

$\Phi_{Cu}$  = Costo 5.2 \$/Kg. Bobina terminado y montada

$\Phi_{fe}$  = Costo 9 \$/Kg. Núcleo armado

$G_{Cu}$  = Peso total de las bobinas (Kg.)

$G_{fe}$  = Peso total del núcleo (Kg.)

Para el peso total del Cu tomaremos el valor de la suma de los 3 niveles tensión (22.9, 0.46, 0.23 Kv) dado que 10 Kv es una derivación de 22.9 Kv.

$$G_{Cu} = 319.09 + 148.377 + 45.53 = 512.997 \text{ (Kg)}$$

$$V (\$) = 5 \times 1040.834 + 9.0 \times 512.997 = \$ 9821.143$$

## 5.2 CAPITALIZACION DE PÉRDIDAS

Las pérdidas en el hierro y en el cobre se genera unos montos que se capitalizan y forman parte del precio final, para el cálculo se utiliza la siguiente relación:

$$Q' (\$) = \psi_{fe} \times P_{fe} + \psi_{Cu} \times P_{Cu}$$

Donde:

$P_{Cu}$  = Pérdidas en el cobre (Watts.)

$P_{fe}$  = Pérdidas en el fierro (Watts.)

$\psi_{fe}$  = factor de capital de pérdidas del núcleo (2.3 \$/Watts.)

$\psi_{Cu}$  = Factor de capital de pérdidas del cobre (1.4 \$/Watts.)

Paras las pérdidas por Cu se tomara la relación de trabajo (10 / 0.46-0.23 Kv) por tener las mayores pérdidas de trabajo.

$$P_{Cu} = 9193.59 + 4563.902 + 1138.64 = 14896.132 \text{ (Watts)}$$

$$Q' = 2.3 \times 1873.5 + 1.4 \times 14896.132 = \$ 25163.6348$$

### 5.3 PRECIO FINANCIERO

El precio financiero (F) del transformador viene expresado por la siguiente relación:

$$F = V + Q'$$

$$F = \$ 9821.143 + \$ 25163.6348 = \$ 34984.7778$$

## **CONCLUSIONES**

**1.- La mejor manera de diseñar este tipo de transformadores es empleando el uso de conmutadores para el cambio de tensión y grupo de conexión sin la necesidad de diseñar bobinas independientes en AT.**

**2.- La tarea de diseñar un transformador es realmente compleja debido a los diversos problemas en diferentes campos de la ingeniería que hay que afrontar a la hora de su diseño.**

**3.- Un diseño basado en libros clásicos da lugar a transformadores demasiado grandes y desproporcionados con respecto a los transformadores actuales. Este tipo de diseños está excesivamente basado en tablas y coeficientes obtenidos de forma experimental o en base a diseños pasados.**

**4.- Para la evaluación económica se tendrá que tomar en cuenta el precio de cobre y el fierro silicoso en el mercado además de los valores de factor de capital de pérdidas.**

## **RECOMENDACIONES**

1.- Cada elemento del transformador deberá ser analizado desde el punto de vista técnico más que lo económico, porque existen materias primas de mala calidad que ha originado fallas en su fabricación.

2.- Como en este informe de suficiencia no se pudo abordar todos los cálculos complejos del diseño de un transformador se recomienda para futuros proyectos abordar los siguientes temas:

- **Cálculo dieléctrico del transformador**
- **Cálculo del calentamiento del transformador, y del diseño térmico en su caso**  
(selección de la cuba, del número de radiadores, del tipo de circulación del aceite y del aire, natural o forzada, etc.)
- **Optimización del diseño del transformador.**
- **Diseño de la parte mecánica del transformador, selección de tanque conservador.**
- **Calculo de pérdidas adicionales y esfuerzos en el transformador.**

## **BIBLIOGRAFIA**

1. **CORRALES MARTIN JUAN**, Escuela del técnico electricista, Teoría, Cálculo y construcción de transformadores Tomo VII, Editorial Labor S.A., Barcelona 1969
2. **OBERING. OTTO GUTHMAN**, Switchgear Manual, Brown Boveri LANDA CIE-AG MANNHEIM-FRG, Fifth, 1975.
3. **M.J.DORMONT**, Cálculo y construcción de las máquinas eléctricas estáticas-transformadores, Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica superior de ingenieros Industriales, Sección de Publicaciones, Madrid, 1971.
4. **E.E. staff del M.I.T**, Circuitos Magnéticos y Transformadores.
5. **John R. Reitz**, Fundamentos de la Teoría Electromagnética.

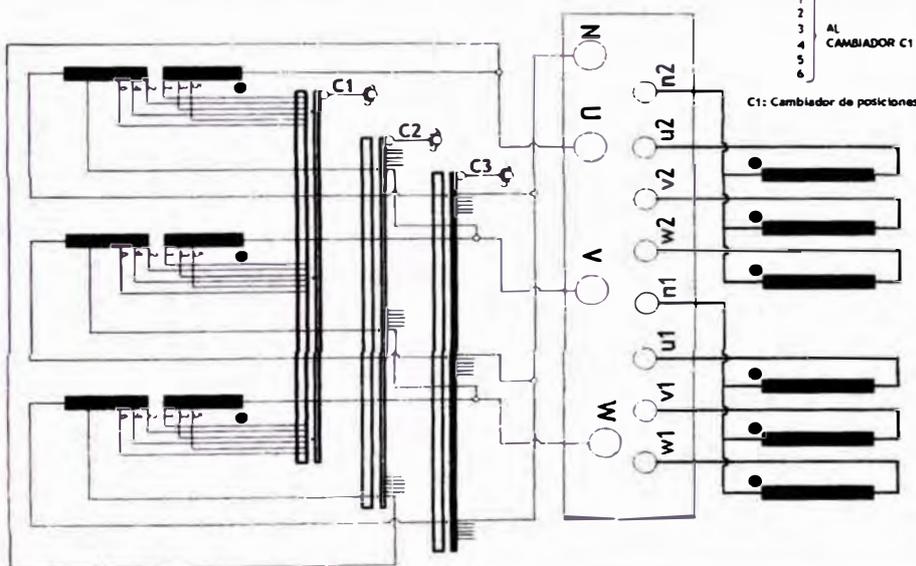
# **PLANOS**

- **Placa de característica**
- **Diagrama de bobinado**
- **Plano de control de accesorios**

## PLACA DE CARACTERISITICAS

TRANSFORMADOR	TIPO	T3DO	N° SERIE	UNI																																																																												
POTENCIA (KVA)	1250	POTENCIA (KVA)	1000	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="2">TAP N°</td> <td colspan="2">AT (V)</td> <td rowspan="5">BT (V)</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>24045</td> <td>10662</td> <td rowspan="5">460 (n1-u1-v1-w1)</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>23472.5</td> <td>10331</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>22900</td> <td>10000</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>22327.5</td> <td>9669</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>21755</td> <td>9338</td> </tr> <tr> <td colspan="2">INTENSIDAD (A)</td> <td>31.51</td> <td>72.17</td> <td>1255.11</td> </tr> <tr> <td colspan="2">POTENCIA (KVA)</td> <td colspan="2">250</td> <td rowspan="7">BT (V)</td> </tr> <tr> <td colspan="2">TAP N°</td> <td colspan="2">AT (V)</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>24045</td> <td>10662</td> <td rowspan="5">230 (n2-u2-v2-w2)</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>23472.5</td> <td>10331</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>22900</td> <td>10000</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>22327.5</td> <td>9669</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>21755</td> <td>9338</td> </tr> <tr> <td colspan="2">INTENSIDAD (A)</td> <td>31.51</td> <td>72.17</td> <td>627.57</td> </tr> <tr> <td colspan="2">NIV. AISL. INT. (KV)</td> <td colspan="2">24/50/125</td> <td>0.6/2.5</td> </tr> <tr> <td colspan="2">NIV. AISL. EXT. (KV)</td> <td colspan="2">170</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;">                     ANTES DE OPERAR EL CAMBIADOR DE TOMAS                      DESCONECTAR EL TRANSFORMADOR DE LA RED.                 </td> </tr> <tr> <td colspan="5" style="text-align: center;">NORMA : IEC 60076</td> </tr> </table>	TAP N°		AT (V)		BT (V)	1	24045	10662	460 (n1-u1-v1-w1)	2	23472.5	10331	3	22900	10000	4	22327.5	9669	5	21755	9338	INTENSIDAD (A)		31.51	72.17	1255.11	POTENCIA (KVA)		250		BT (V)	TAP N°		AT (V)		1	24045	10662	230 (n2-u2-v2-w2)	2	23472.5	10331	3	22900	10000	4	22327.5	9669	5	21755	9338	INTENSIDAD (A)		31.51	72.17	627.57	NIV. AISL. INT. (KV)		24/50/125		0.6/2.5	NIV. AISL. EXT. (KV)		170		---	ANTES DE OPERAR EL CAMBIADOR DE TOMAS DESCONECTAR EL TRANSFORMADOR DE LA RED.					NORMA : IEC 60076				
TAP N°		AT (V)			BT (V)																																																																											
1	24045	10662	460 (n1-u1-v1-w1)																																																																													
2	23472.5	10331																																																																														
3	22900	10000																																																																														
4	22327.5	9669																																																																														
5	21755	9338																																																																														
INTENSIDAD (A)		31.51	72.17		1255.11																																																																											
POTENCIA (KVA)		250			BT (V)																																																																											
TAP N°		AT (V)																																																																														
1	24045	10662	230 (n2-u2-v2-w2)																																																																													
2	23472.5	10331																																																																														
3	22900	10000																																																																														
4	22327.5	9669																																																																														
5	21755	9338																																																																														
INTENSIDAD (A)		31.51	72.17	627.57																																																																												
NIV. AISL. INT. (KV)		24/50/125		0.6/2.5																																																																												
NIV. AISL. EXT. (KV)		170		---																																																																												
ANTES DE OPERAR EL CAMBIADOR DE TOMAS DESCONECTAR EL TRANSFORMADOR DE LA RED.																																																																																
NORMA : IEC 60076																																																																																

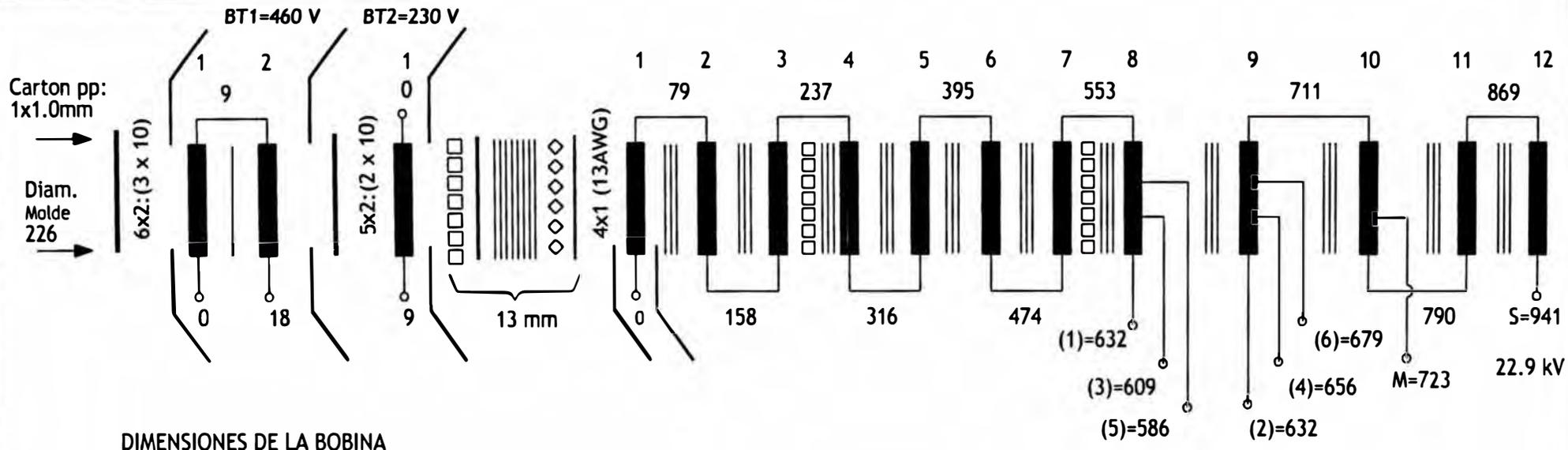
### DIAGRAMA DE CONEXIONES INTERIORES



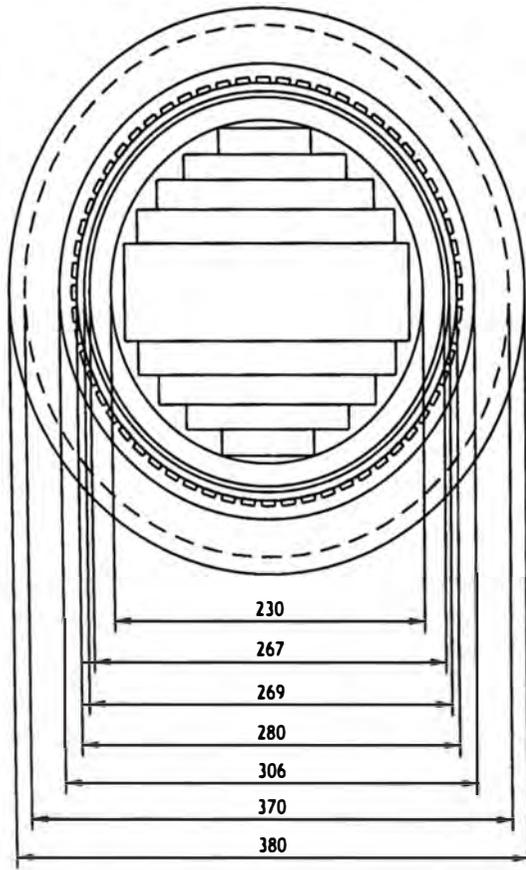
BORNES	POSICION DEL CAMBIADOR C2 PARA CAMBIO DE TENSION	RELACION	GRUPO
N-U-V-W / n1-u1-v1-w1 n2-u2-v2-w2	CAMBIADOR C2 POSICION 1	22900 / 460 V	YNyn6
	CAMBIADOR C3 POSICION 1	22900 / 230 V	YNyn6
U-V-W / n1-u1-v1-w1 n2-u2-v2-w2	CAMBIADOR C2 POSICION 5	10000 / 460 V	Dyn5
	CAMBIADOR C3 POSICION 5	10000 / 230 V	Dyn5

PRODUCTO PERUANO

	<b>PLACA DE CARACTERISTICA</b>		<b>O. T. UNI</b>	
	RELACION : 22900-10000/460-230V		GOI-PLD-19/33	
	GRUPO DE CONX.: YNyn6 - Dyn5		FECHA: 04/07/2012	
	DIBUJADO: v.c.m.		REVISADO: v.c.m.	
CLIENTE : <b>ARUNTUNI S.A.C.</b>	Esc: S/E	Form.: A-4		APROBADO: v.c.m.
Dimensiones en milímetros				



**DIMENSIONES DE LA BOBINA**



**LEYENDA :**

PAPEL PRESSPAN BT1	0.15 mm	———
CARTON PRESSPAN BT1-BT2	1 mm	—————
SEPARADOR AT-BT2	5.5 mm	□□□□
CARTON PRESSPAN AT-BT2(2)	1 mm	—————
PAPEL PRESSPAN AT-BT2(2)	8x0.25 mm	
SEPARADOR AT-BT2	3.5 mm	○○○○
PAPEL PRESSPAN AT-BT2	0.51 mm	—————
PAPEL PRESSPAN AT(0.6)	3x0.2 mm	
SEPARADOR AT	5.5 mm	□□□□
LENGUETA NOMEX	1.2x100x120	———

**SALIDAS:**

5	586
3	609
1,2	632
4	656
6	679
10KV	723

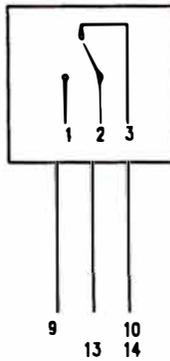
**M :Derivacion  
Para 10kV**

	<b>DIAGRAMA DE BOBINADO</b>		<b>O.T. UNI</b>	
	RELACION : 22900-10000/460-230V GRUPO DE CONX.: YNyn6 - Dyn5		<b>GOI-PLD-19/33</b> FECHA: 04/07/2012	
CLIENTE : <b>ARUNTUNI S.A.C.</b>	Esc: S/E	Form.: A-4		DIBUJADO: v.c.m.
	Dimensiones en milímetros			REVISADO: v.c.m. APROBADO: v.c.m.

**SUDDEN PRESSURE RELAY**

1-3 Tripping  
2-3 On Service

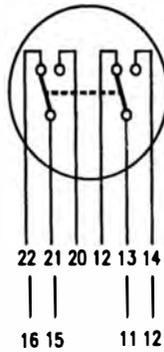
\* 15A; 120V; A.C.



**PRESSURE RELIEF DEVICE QUALITROL 206-50N**

21-22 On Service  
13-14 Tripping > 7.35 PSI

\* 6A; 120V; A.C.



**OIL TEMPERATURE INDICATOR ELMEK**

23 - 24 alarm: 87 °C  
13 - 14 Tripping: 92 °C

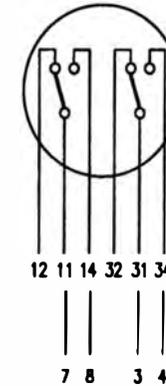
\* 5A; 250V; A.C.



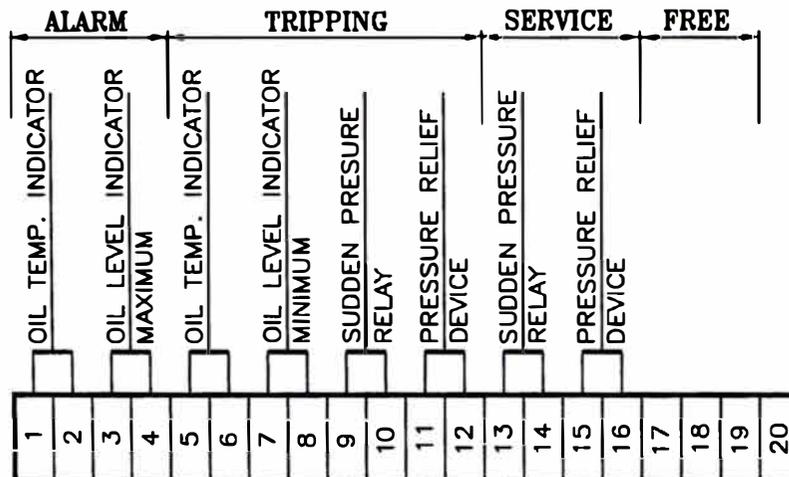
**OIL LEVEL INDICATOR CEDASPE R100**

11 - 14 Minimum Level  
31 - 34 Maximum Level

\* 3A; 120V; A.C.



D:



Prepared MMORALES 15/07/2012	Reg.No N°: L370567	Title TERMINAL BOX	Scale %
Revised V.C.M 15/07/2012	Responsible Department DISEÑO	ACCESORIES AND CURRENT TRANSFORMER	Lang. E
Approved V.C.M. 15/07/2012	Manufacturing Order: OP: UNI	Nominal Rating CA: 500 KVA Voltage Ratio: 22.9-10 / 0.48-0.23 KV Altitude: 3600 most, 60 Hz	
Revision B) LCB/MM 05/07/07		Customer: ARUNTANI S.A.C.	Page 1
EPLI S.A.C.		1LPE370567APT	Cont. 1

# **ANEXOS**

- **Hoja de cálculo**
- **Calculo de peso del núcleo**
- **Corte del núcleo**
- **Factores de los anchos de los escalones**
- **Apéndices**

**CALCULO DE TRANSFORMADORES TRIFASICOS CONVENCIONALES  
DE DISTRIBUCION**

OT	UNI	Ciente	ARUNTANI S.A.C.	
Marca	EPLI	POTENCIA	1250	1250
Fecha	11-jul-12	Volt-AT	22900	10000
Nro de serie	UNI	Volt-BT	460	460
TIPO	T3DO	Amp-AT	31.51	72.17
Nro de fases	3	Amp-BT	1255.11	1255.11
Enfriamiento	ONAN	Nro. de taps.	5.00	5.00
Clase de aislam.	Ac	% de reg	2.5000	3.3100
Grupo de conexión	YNyn6	Vcc (%)	5.47	5.28
	Dyn5	Norma	IEC Pub 76	IEC Pub 76
Frecuencia	60	T Max Cu AT	185.99	176.82
msnm.	1000	T Max Cu BT	224.87	185.99
KV ens 1min 60hz BT	2.50	Dia. Teórico.	225.95	225.95
KV ens 1min 60hz AT	50.00	Molde	226.00	226.00
KV ens ext corr AT	50.00	Peso Total Kg.	4000	4000
BIL 1.2 / 50 useg	125.00	Cal-Cu-BT °C	58.08	9.99
BIL CORREGIDO	125.00	Cal-Cu-AT °C	57.99	12.02
Tension max. sist.	24.00	Cálculo	Ing. F.B.H.	Ing. F.B.H.

	CARACTERISTICAS DEL ARROLLAMIENTO			DATOS DEL NUCLEO		
	BT	AT	AT	Gauss Rec.	17000	17000
UBICACION	INT	EXT	EXT	NRO DE ESCAL	5	5
CONEXION	y	y	d	FACT FE	0.9079	0.9079
TENSION DE FASE	265.58	13882.39	10662.00	FACT APIL	0.96	0.96
CORRIENTE DE FASE	1255.11	31.51	41.67	ESP CHAPA	0.30	0.30
CONDUCTOR	P	A	A	VA/Kg	2.84	2.84
CALIBRE	10.0x3.00	13 AWG	13 AWG	W/Kg	2.06	2.06
JUNTOS	6	4	4	Factor- Manuf.	1.00	1.00
SUPERP	2	1	1	Diam recom	220	220
ALTO DESN (1 PLET)	10.00	1.83	1.83	DIAMETRO	220	220
ANCHO DESN (1 PLET)	3.00	1.83	1.83	DIST EJES	400.00	400.00
ALTO AISL (1 PLET)	10.60	1.94	1.94	LONG COL Rec	560	560
ANCHO AISL (1 PLET)	3.60	1.94	1.94	LONG COL	710	710
Bi-espesor plet	0.60	0.11	0.11	ANCHO VEN	191	191
resistencia	0.000727	1.758016	1.330781	Seccion teor	331.32	331.32
DENSIDAD RECOMEND.	3.58	3.50	3.50	Seccion real	331.58	331.58
SECCION	352.80	10.52	10.52	Gauss teor	16706	16706
DENSIDAD REAL	3.56	3.00	3.96	Gauss real	16692.26	16692.26
ESP/COL	18	941	723	Gfe-teor(Kg)	1096.71	1096.71
NRO DE CAPAS TOT	2	12	10	Gfe-real(KG)	1037.35	1037.35
ESP/CAP (1ER GRUP)	9	79	79	Ecc y PERDIDAS		
NRO CAP (1ER GRUP)	1	5	5	Ex (%)	4.21	3.99
ESP/CAP (2DO GRUP)	9	78.00	65.60	Er (%)	1.19	1.38
NRO CAP (2DO GRUP)	1	7	5	Ecc (%)	5.47	5.28
NRO DE CAN	1	2	2	Perd-Cu (W)	11855.58	13816.41
UBIC DE CANALES	40	120	120	Perd-Fe (W)	2140.44	2140.44
ANCHO DE C/CANAL	4.0	4.0	4.0	Perd-Tot (W)	13996.02	15956.85
ANCHO TOT DE CAN	4.0	8	8	Ivac. (%)	0.25	0.25
SEP^CAP RECOMENDA.	0.07	0.54	0.54	Eficiencia	98.89	1.27
SEP ENTRE CAPAS	0.15	0.60	0.60	Pcu/Pfe	5.539	6.455
ALT RADIAL NETA	14.70	29.02	23.95	% In Efic-max	42.49	39.36
ALT RADIAL TOTAL	18.70	37.02	31.95	FACTORES DE CALCULO		
DIAMETRO DEL MOLDE	226			VOLT/ESP	14.753	14.753
SEP LIBRE NUCL-BT	3	nuc-cil-canal	nuc-cil-canal	Fcu	0.262	0.262
ESP CIL-BASE	2.00			Alfa-z-BT	1.531	1.531
SEP (AC) BT-AT	8.00	A-P-A	A-P-A	Alfa-z-AT	1.911	1.327
SEP (PAP) BT-AT	5.00			FACT ROGOWSKY	1.02	1.02
DIAM INT	230.00	306.10	306.10	Tmax.ac1km msnm(°C)	60	60
DIAM EXT	267.40	380.14	370.00	Tmax. ac corr(°C)	60.00	60.00
DIAM MEDIO	248.70	343.12	338.05	Correc alt:	1	1
LONG AXIAL NETA	636.00	619.20	619.20	POSICION	VOLTIOS	VOLTIOS
LONG AXIAL TOTAL	660	660	660	1	13882.39	10662.00
LONG.RELLENO CARTON	12.00	20.40	20.40	2	13543.79	10320.39
DIST FINAL AC	25.00	25.00	25.00	3	13205.20	9978.79
SEP (AC) ENTRE COL	20.00	19.86	20	4	12866.60	9637.18
SEP (PAP) ENTRE COL	2.00			5	12528.01	9295.58
#cap/(#can+1)	2.00	4.00	3.33	DERIVACIONES		
	2	4	3	941	23	723
# cond zona mas cal	1.00	2.00	1.50	918	23	700
si es plet	10.082	7.804	9.554	895	23	676
si es afambre	32.219	9.992	12.018	872	23	653
dT-Cu-Ac (C) prom	10.08	9.99	12.02	849		630
PESO COBRE (Kg)	141.35	304.00	230.12	H (Amp-Vuel/cm2)	609.5451802	611.1381405
PERDID JOULE (W)	4365.26	8528.68	8494.60	K EXT	0.0006	0.00072
PERDID SUPLEM (W)	66.83	124.76	112.73	K INT	0.0006	0.0006
PERD ADICIONALES	758.33	11.71	18.66			

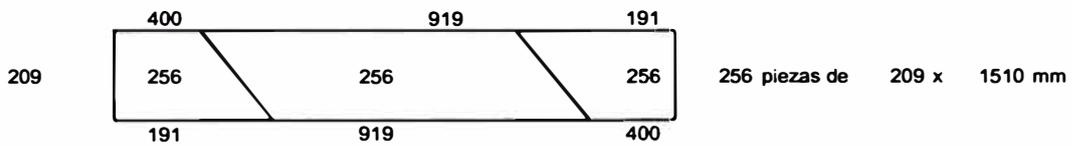
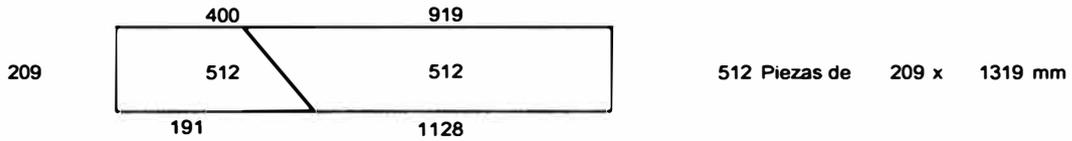
**CALCULO DE TRANSFORMADORES TRIFASICOS CONVENCIONALES  
DE DISTRIBUCION**

OT	UNI	Ciente	ARUNTANI S.A.C.	
Marca	EPLI	POTENCIA	1250	1250
Fecha	11-Jul-12	Volt-AT	22900	10000
Nro de serie	UNI	Volt-BT	230	230
TIPO	T3DO	Amp-AT	31 51	72 17
Nro de fases	3	Amp-BT	627 55	627 55
Enfriamiento	ONAN	Nro. de taps.	5 00	5 00
Clase de aislam.	Ac	% de reg	2.5000	3.3100
Grupo de conexión	YNyn6	Vcc (%)	3 25	4 00
	Dyn5	Norma	IEC Pub 76	IEC Pub 76
Frecuencia	60	T Max Cu AT	236 14	250 75
msnm.	1000	T Max Cu BT	258 29	236 14
KV ens 1min 60hz BT	2 50	Dia. Teórico.	237 84	237 84
KV ens 1min 60hz AT	50 00	Molde	226.00	226.00
KV ens ext corr AT	50 00	Peso Total Kg.	4000	4000
BIL 1.2/50 useg	125 00	Cal-Cu-BT °C	53 35	478 79
BIL CORREGIDO	125 00	Cal-Cu-AT °C	57 99	480 82
Tension max. sist.	24 00	Cálculo	Ing V.C.M.	Ing V.C.M.

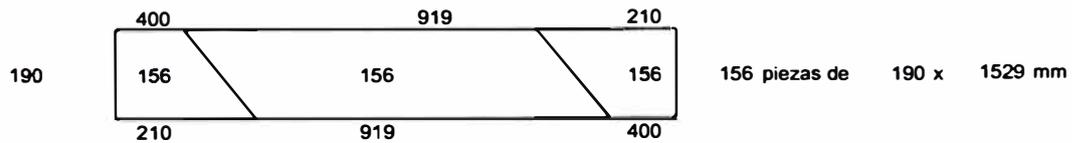
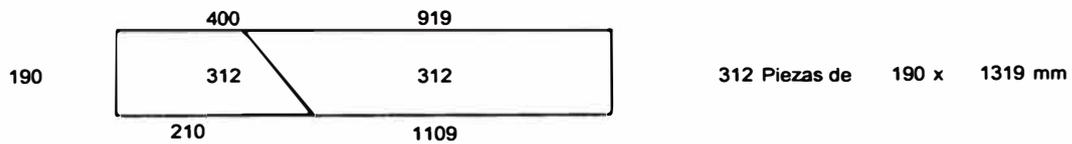
	CARACTERISTICAS DEL ARROLLAMIENTO			DATOS DEL NUCLEO		
	BT	AT	AT	Gauss Rec.	17000	17000
UBICACION	INT	EXT	EXT	NRO DE ESCAL	5	5
CONEXION	y	y	d	FACT FE	0 9079	0 9079
TENSION DE FASE	132.79	13882.39	10662.00	FACT APIL	0 96	0 96
CORRIENTE DE FASE	627 55	31 51	41 67	ESP CHAPA	0 30	0 30
CONDUCTOR	P	A	A	VA/Kg	2 89	2 89
CALIBRE	10.0x2.00	13 AWG	13 AWG	W/Kg	2 08	2 08
JUNTOS	5	4	4	Factor- Manuf.	1 00	1 00
SUPERP	2	1	1	Diam recom	220	220
ALTO DESN (1 PLET)	10 00	1 83	1 83	DIAMETRO	220	220
ANCHO DESN (1 PLET)	2 00	1 83	1 83	DIST EJES	400.00	410.00
ALTO AISL (1 PLET)	10 60	1 94	1 94	LONG COL Rec	560	560
ANCHO AISL (1 PLET)	2 60	1 94	1 94	LONG COL	710	710
Bi-espesor plet	0 60	0 11	0 11	ANCHO VEN	195	195
resistencia	0 000723	1 758016	1 330781	Seccion teor	331 32	331 32
DENSIDAD RECOMEND.	3.50	3.50	3.50	Seccion real	330 80	330 80
SECCION	196 00	10 52	10 52	Gauss teor	16706	16706
DENSIDAD REAL	3.20	3.00	3.96	Gauss real	16731.98	16731.98
ESP/COL	9	941	723	Gfe-teor(Kg)	1096 71	1107 36
NRO DE CAPAS TOT	1	12	10	Gfe-real(KG)	1032 63	1032 63
ESP/CAP (1ER GRUP)	9	79	79	Ecc y PERDIDAS		
NRO CAP (1ER GRUP)	0	11	9	Ex (%)	0 82	0 76
ESP/CAP (2DO GRUP)	9	72 00	12 00	Er (%)	3 14	3 93
NRO CAP (2DO GRUP)	1	1	1	Ecc (%)	3 25	4 00
NRO DE CAN	0	2	2	Perd-Cu (W)	7862.10	9818.00
UBIC DE CANALES	0	120	120	Perd-Fe (W)	2152 56	2152 56
ANCHO DE C/CANAL	4	4	4	Perd-Tot (W)	10014 67	11970 56
ANCHO TOT DE CAN	0	8	8	Ivac. (%)	0 25	0 26
SEP^CAP RECOMENDA.	0.07	0.54	0.54	Eficiencia	99.21	3 15
SEP ENTRE CAPAS	0.15	0.60	0.60	Pcu/Pfe	3 652	4 561
ALT RADIAL NETA	5 35	29 02	23 95	% In Efic-max	52 32	46 82
ALT RADIAL TOTAL	5 35	37 02	31 95	FACTORES DE CALCULO		
DIAMETRO DEL MOLDE	226			VOLT/ESP	14 753	14 753
SEP LIBRE NUCL-BT	3	nuc-cil-canal	nuc-cil-canal	Fcu	0 262	0 262
ESP CIL-BASE	2 00			Alfa-z-BT	0 076	0 076
SEP (AC) BT-AT	8 00	A-P-A	A-P-A	Alfa-z-AT	1 911	1 327
SEP (PAP) BT-AT	5 00			FACT ROGOWSKY	0 97	0 97
DIAM INT	269 40	306 10	306 10	Tmax.ac1km msnm(°C)	60	60
DIAM EXT	280 10	380 14	370 00	Tmax. ac corr(°C)	60 00	60 00
DIAM MEDIO	274 75	343 12	338 05	Correc alt:	1	1
LONG AXIAL NETA	530 00	619 20	619 20	POSICION	VOLTIOS	VOLTIOS
LONG AXIAL TOTAL	686	652	652	1	13882 39	10662 00
LONG RELLENO CARTON	78.00	16 40	16 40	2	13543 79	10320 39
DIST FINAL AC	12 00	29.00	29.00	3	13205 20	9978 79
SEP (AC) ENTRE COL	20 00	19.86	20	4	12866 60	9637 18
SEP (PAP) ENTRE COL	2 00			5	12528 01	9295 58
#cap/(#can+1)	2 00	4 00	3 33	DERIVACIONES		
	2	4	3	941	23	723
# cond zona mas cal	1 00	2 00	1 50	918	23	700
si es plet	5 353	7 804	9 554	895	23	676
si es afamdre	16 198	9 992	12 018	872	23	653
dT-Cu-Ac (C) prom	5.35	9.99	12.02	849		630
PESO COBRE (Kg)	43 38	304 00	230 12	H (Amp-Vuel/cm2)	166 9058867	167 3828114
PERDID JOULE (W)	1066 84	6528 68	8494 60	K EXT	0 0006	0 00072
PERDID SUPLEM (W)	0 81	124 76	112 73	K INT	0 0006	0 0006
PERD ADICIONALES	137 67	3 34	5 35			

Calculo del peso del nucleo

PLAN DE CORTE DEL NUCLEO		Ancho rollo extendido:					GOI - HCD - 03 / 05	
Nro de escalones :	5	espesor de la chapa:	914			Pesos de Fleje		
Diametro :	220	factor de apilam :	0.27			Ancho	Peso	
Long de columna :	710	ALTO :	1128			209	430.90	
Dist entre ejes :	400	ANCHO :	1009			190	255.11	
Ancho vent teor :	180	FLEJE :	209			160	205.28	
Ancho vent fisico :	191	PESO :	1037.35			120	130.22	
Secc en la colum :	331.58	Nro total chapas :	4632			70	54.55	
Dens Fe-Si (gr/cc):	7.65	Nro tot plan ent :	953			0	0.00	
Sección en el Yugo:	331.584	Cliente :	ARUNTANI S.A.C.			N° Serie:	UNI	
Escalon	1	2	3	4	5	6	7	
A yugo corto	anch teor	209	190	160	120	70	0	0
	ancho fis	209	190	160	120	70	0	0
	longitud	400	400	400	400	400	0	0
	# chapas	128	78	74	62	44	0	0
	factor	4	4	4	4	4	0	0
	total	512	312	296	248	176	0	0
	peso	88.4100096	48.977136	39.128832	24.587712	10.178784	0	0
	chap/plan	4	4	5	7	13	0	0
	# pla ent	128	79	60	36	14	0	0
	Sección	69.42144	38.41344	30.68928	19.28448	7.98336	0	0
C columna	Paquete	209	190	160	120	70	0	0
	longitud	919	919	919	919	919	0	0
	# ch calc	127	77	74	61	44	0	0
	# chapas	128	78	74	62	44	0	0
	alt corr	34.6	21.06	19.98	16.74	11.88	0	0
	alt acum	34.6	55.66	75.64	92.38	104.26	0	0
	diam corr	220.158216	220.209315	220.1945467	220.309459	219.955863	0	0
	factor	6	6	6	6	6	0	0
	total	768	468	444	372	264	0	0
	peso	304.682996	188.787455	134.8477373	84.7354025	35.0786344	0	0
seccion	69.42144	38.41344	30.68928	19.28448	7.98336	0	0	
chap/plan	4	4	5	7	13	0	0	
# pla ent	193	118	89	54	21	0	0	
B yugo largo	ancho	209	190	160	120	70	0	0
	longitud	591	610	640	680	730	0	0
	# chapas	128	78	74	62	44	0	0
	factor	2	2	2	2	2	0	0
	total	256	156	148	124	88	0	0
	peso	65.3128946	37.3450662	31.3030656	20.8995552	9.2881404	0	0
chap/plan	4	4	5	7	13	0	0	
# pla ent	65	40	30	18	7	0	0	
TIPO 10	A	919	919	919	919	919	0	0
	B	1128	1109	1079	1039	989	0	0
	Cantidad	128	78	74	62	44	0	0
	Factor	2	2	2	2	2	2	2
	Peso	101.560999	56.262485	44.94924576	28.2451342	11.6928781	0	0
TIPO 20	C	1128	1109	1079	1039	989	0	0
	D	919	919	759	799	849	0	0
	Cantidad	128	78	74	62	44	0	0
	Factor	4	4	4	4	4	4	4
	Peso	226.219112	124.15704	89.89849152	56.4902683	23.3857562	0	0
TIPO 30	E	191	210	240	280	330	0	0
	F	400	400	560	520	470	0	0
	Cantidad	128	78	74	62	44	0	0
	Factor	4	4	4	4	4	4	4
	Peso	65.3128946	37.3450662	39.128832	24.587712	10.178784	0	0
TIPO 40	G	191	210	240	280	330	0	0
	H	400	400	400	400	400	0	0
	Cantidad	128	78	74	62	44	0	0
	Factor	4	4	4	4	4	4	4
	Peso	65.3128946	37.3450662	31.3030656	20.8995552	9.2881404	0	0
EXCENTRICIDAD		0	0	0	0	0	0	0

**PLAN DE CORTE DE NUCLEO DE FE-SI A 45 °****CANTIDAD 1****PLAN DE CORTE DEL NUCLEO CORTE A 45° ESCALON N° 1**

Ancho del Fleje : 209 mm  
Peso del Fleje : 430.9 Kg  
Peso Acumulado : 430.9 Kg

**PLAN DE CORTE DEL NUCLEO CORTE A 45° ESCALON N° 2**

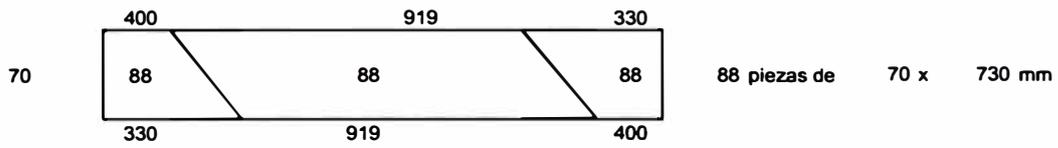
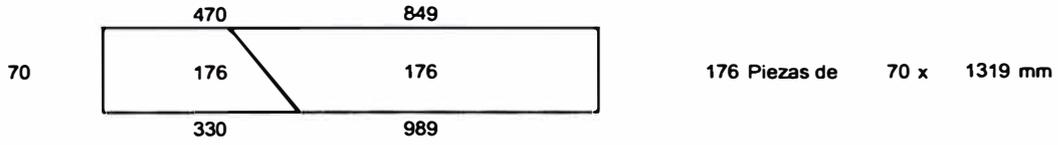
Ancho del Fleje : 190 mm  
Peso del Fleje : 255.11 Kg  
Peso Acumulado : 686.01 Kg

PLAN DE CORTE DEL NUCLEO CORTE A 45°		ESCALON N° 3						
160		296 Piezas de 160 x 1319 mm						
160		148 piezas de 160 x 640 mm						
148 Piezas de 160 x 919 mm		<table border="1"> <tr> <td>Ancho del Fleje :</td> <td>160 mm</td> </tr> <tr> <td>Peso del Fleje :</td> <td>205.28 Kg</td> </tr> <tr> <td>Peso Acumulado :</td> <td>891.29 Kg</td> </tr> </table>	Ancho del Fleje :	160 mm	Peso del Fleje :	205.28 Kg	Peso Acumulado :	891.29 Kg
Ancho del Fleje :	160 mm							
Peso del Fleje :	205.28 Kg							
Peso Acumulado :	891.29 Kg							
CLIENTE	ARUNTANI S.A.C.	OT : UNI						

Pag. 4 de 5

Pág.	2	PLAN DE CORTE DE NUCLEO DE FE-SI A 45 °	CANTIDAD	1						
PLAN DE CORTE DEL NUCLEO CORTE A 45°		ESCALON N° 4								
120		248 Piezas de 120 x 1319 mm								
120		124 piezas de 120 x 680 mm								
124 Piezas de 120 x 919 mm		<table border="1"> <tr> <td>Ancho del Fleje :</td> <td>120 mm</td> </tr> <tr> <td>Peso del Fleje :</td> <td>130.22 Kg</td> </tr> <tr> <td>Peso Acumulado :</td> <td>1021.5 Kg</td> </tr> </table>	Ancho del Fleje :	120 mm	Peso del Fleje :	130.22 Kg	Peso Acumulado :	1021.5 Kg		
Ancho del Fleje :	120 mm									
Peso del Fleje :	130.22 Kg									
Peso Acumulado :	1021.5 Kg									

**PLAN DE CORTE DEL NUCLEO CORTE A 45° ESCALON N° 5**



88 Piezas de 70 x 919 mm

Ancho del Fleje :	70 mm
Peso del Fleje :	54.546 Kg
Peso Acumulado :	1076.1 Kg

<b>N° ESC.</b>	<b>FAC. FE</b>	<b>FACTORES DE LOS ANCHOS DE LOS ESCALONES</b>										
1	0.85	0.707										
2	0.875	0.85	0.526									
3	0.851	0.906	0.707	0.424								
4	0.886	0.934	0.796	0.605	0.356							
5	0.9079	0.95	0.846	0.707	0.534	0.313						
6	0.9227	0.959	0.875	0.768	0.64	0.483	0.281					
7	0.933	0.967	0.898	0.812	0.707	0.5825	0.436	0.255				
8	0.942	0.972	0.91	0.842	0.775	0.657	0.541	0.417	0.239			
9	0.9483	0.94267	0.866	0.8153	0.73885	0.65393	0.56458	0.4501	0.369426	0.2627		
10	0.954	0.979	0.93	0.884	0.823	0.748	0.662	0.578	0.468	0.346	0.204	
9	0.9483	0.977	0.929	0.867	0.794	0.707	0.608	0.498	0.37	0.214		

● Magnetic Properties to the Specifications in conformity with AISI\*

ORIENTCORE-HI-B is guaranteed in terms of its maximum core loss at 1.7 T and at either 50 Hz or 60 Hz. Induction is guaranteed at 800 A/m.

Unless otherwise specified, ORIENTCORE-HI-B is supplied with its core loss value at 1.7 T and 50 Hz and its induction value at 800 A/m.

ORIENTCORE is guaranteed in terms of its maximum core loss at either 1.5 T or 1.7 T and at either 50 Hz or 60 Hz. Induction is guaranteed at 800 A/m. Unless otherwise specified, ORIENTCORE is supplied with its core loss value at 1.5 T and 50 Hz and its induction value at 800 A/m.

\* American Iron and Steel Institute

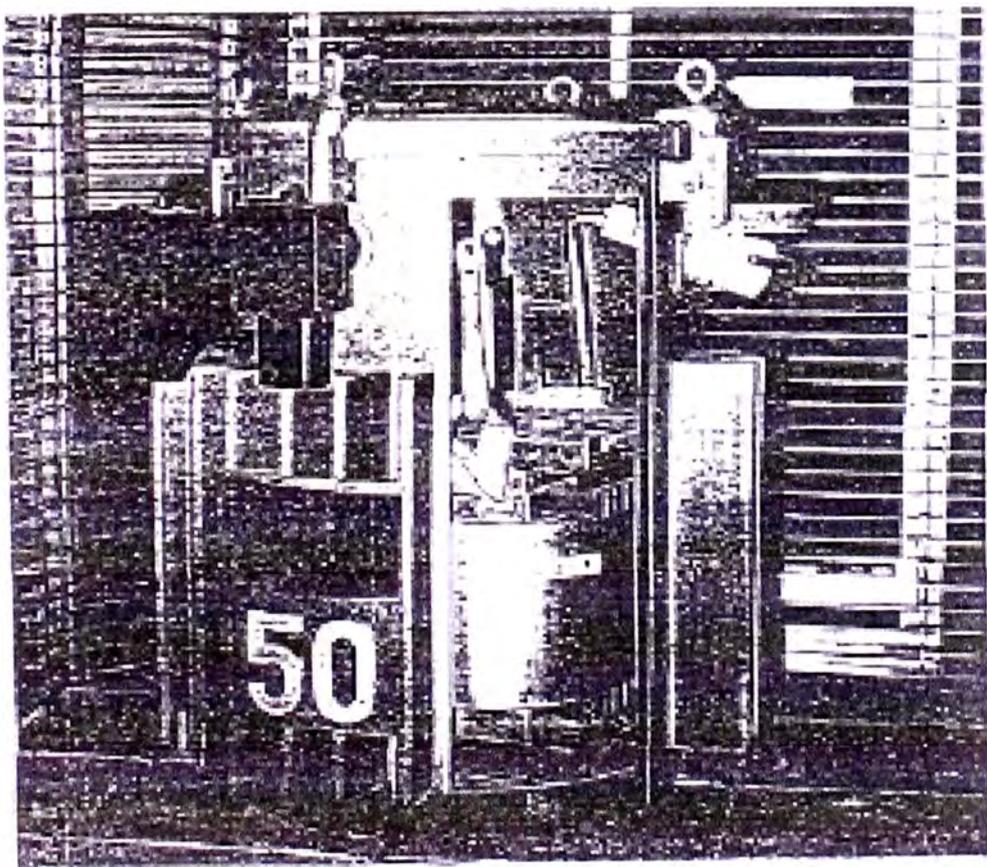
Product	Thickness (mm)	Grade	Assumed Density (kg/dm <sup>3</sup> )	Maximum Core Loss at 1.5 T				Maximum Core Loss at 1.7 T				Minimum Induction at 800 A/m
				Watts per Kilogram		Watts per Pound		Watts per Kilogram		Watts per Pound		
				50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	50Hz	60Hz	
ORIENTCORE-HI-B	0.23 (0.009)	23Z190	7.65	-	-	0.90	1.19	0.41	0.54	1.88		
		23Z195		-	-	0.95	1.25	0.43	0.57	1.88		
		M-0H		-	-	1.00	1.32	0.45	0.60	1.88		
		M-1		0.71	0.93	0.32	0.42	1.06	1.39	0.48	0.63	1.88
ORIENTCORE		M-2		0.75	0.99	0.34	0.45	1.12	1.47	0.51	0.67	1.88
		M-3		0.79	1.04	0.36	0.47	1.18	1.55	0.54	0.70	1.88
		27Z195		-	-	-	-	0.95	1.25	0.43	0.57	1.88
		27Z1100		-	-	-	-	1.00	1.32	0.45	0.60	1.88
ORIENTCORE-HI-B	0.27 (0.0106)	M-0H	7.65	-	-	-	-	1.03	1.36	0.47	0.62	1.88
		M-1H		-	-	-	-	1.09	1.44	0.49	0.65	1.88
		M-3		0.83	1.09	0.38	0.49	1.21	1.59	0.55	0.72	1.88
		M-4		0.89	1.17	0.40	0.53	1.27	1.68	0.58	0.75	1.88
ORIENTCORE		30Z1100		-	-	-	-	1.00	1.32	0.45	0.60	1.88
		M-0H		-	-	-	-	1.05	1.39	0.48	0.63	1.88
		M-1H		-	-	-	-	1.11	1.45	0.50	0.66	1.88
		M-2H		-	-	-	-	1.17	1.54	0.53	0.70	1.88
ORIENTCORE		M-3		0.85	1.11	0.39	0.50	1.23	1.63	0.56	0.74	1.88
		M-4		0.90	1.19	0.41	0.54	1.32	1.74	0.60	0.79	1.88
		M-5		0.97	1.26	0.44	0.58	1.39	1.83	0.63	0.83	1.88
		M-1H		-	-	-	-	1.16	1.53	0.53	0.69	1.88
ORIENTCORE-HI-B	0.35 (0.0138)	M-2H	7.65	-	-	-	-	1.22	1.59	0.55	0.72	1.88
		M-3H		-	-	-	-	1.28	1.68	0.58	0.76	1.88
		M-5		1.01	1.32	0.46	0.60	1.45	1.91	0.66	0.87	1.88
		M-6		1.11	1.45	0.50	0.65	1.57	2.07	0.71	0.94	1.88

1. The test is made in accordance with JIS C 5502. All labels - with the exception of the 35Z1100 - are stamped on the surface of the steel and are subject to change without notice.

## TYPICAL MECHANICAL PROPERTIES AND LAMINATION FACTORS

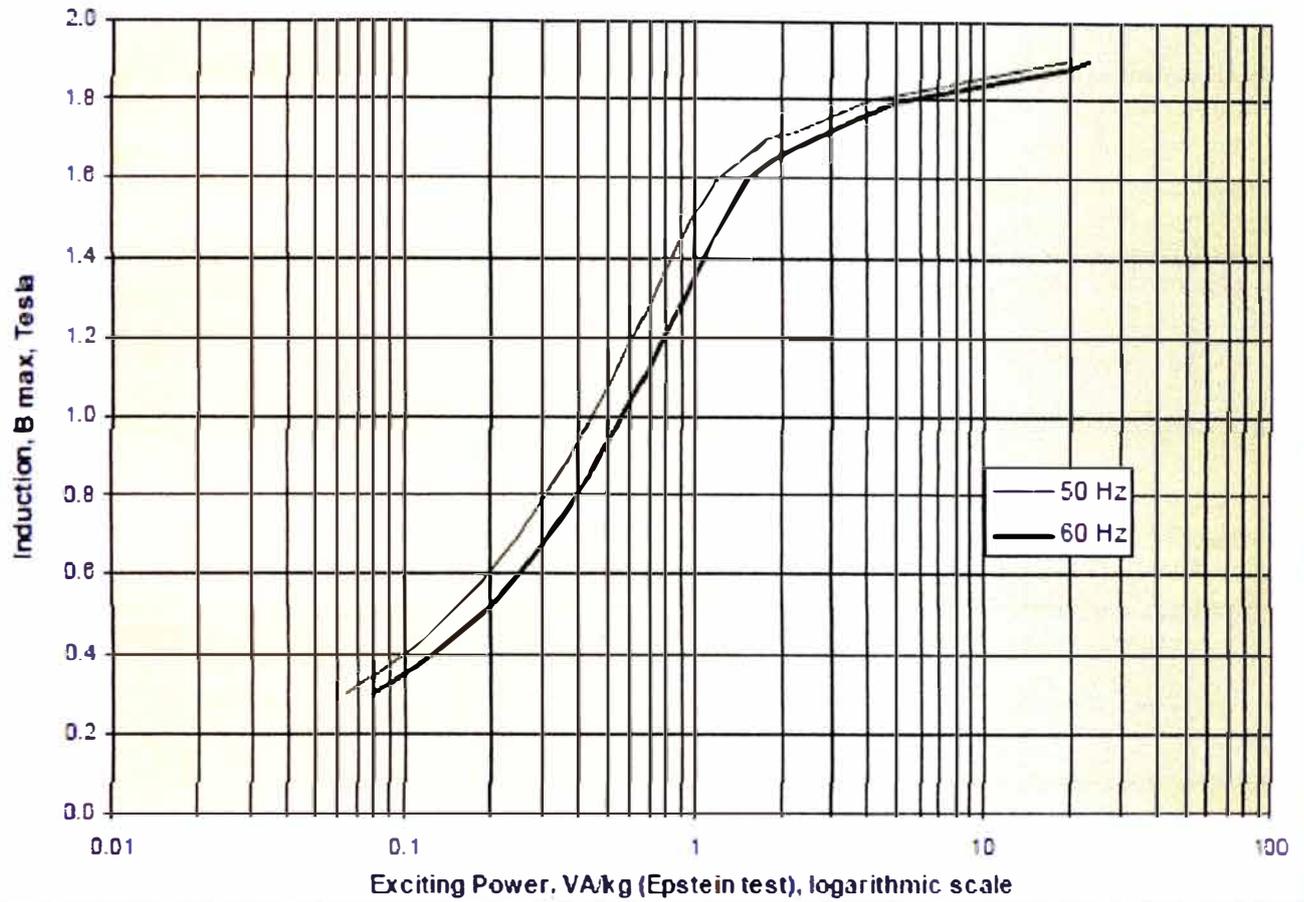
Product	Thickness mm (in.)	Tensile Strength				Flex Point		Elongation %				Hardness		Density		Lamination Factor % (1/2 in.)
		K/area		ksi/in <sup>2</sup>		K/area		L		C		PSI		g/cm <sup>3</sup>		
		L	C	L	C	L	C	L	C	L	C	L	C			
ORIENT- CORE-H-H	0.22(0.009)	363	412	50	50	354	383	51	53	5	30	128	14	16	97.7	
	0.27(0.0106)	353	412	51	50	343	373	50	54	5	35	123	21	21	98.1	
ORIENT- CORE	0.35(0.0138)	343	407	50	56	333	363	49	53	6	34	118	21	18	98.1	
	0.38(0.0149)	333	397	48	57	323	343	47	50	15	32	113	24	22	98.6	
ORIENT- CORE	0.25(0.009)	343	397	52	57	317	353	48	51	5	34	119	24	17	98.1	
	0.27(0.0106)	333	392	51	57	335	353	48	51	5	30	121	23	18	98.1	
ORIENT- CORE	0.30(0.0118)	343	392	50	55	324	343	47	50	10	30	127	24	21	98.7	
	0.35(0.0138)	343	392	50	57	324	353	47	51	12	32	121	23	18	98.7	

Note: 1. All values are based on a total of 100,000 cycles.  
 2. All values are based on a minimum of 10 samples.  
 3. All values are based on a minimum of 10 samples.  
 4. All values are based on a minimum of 10 samples.



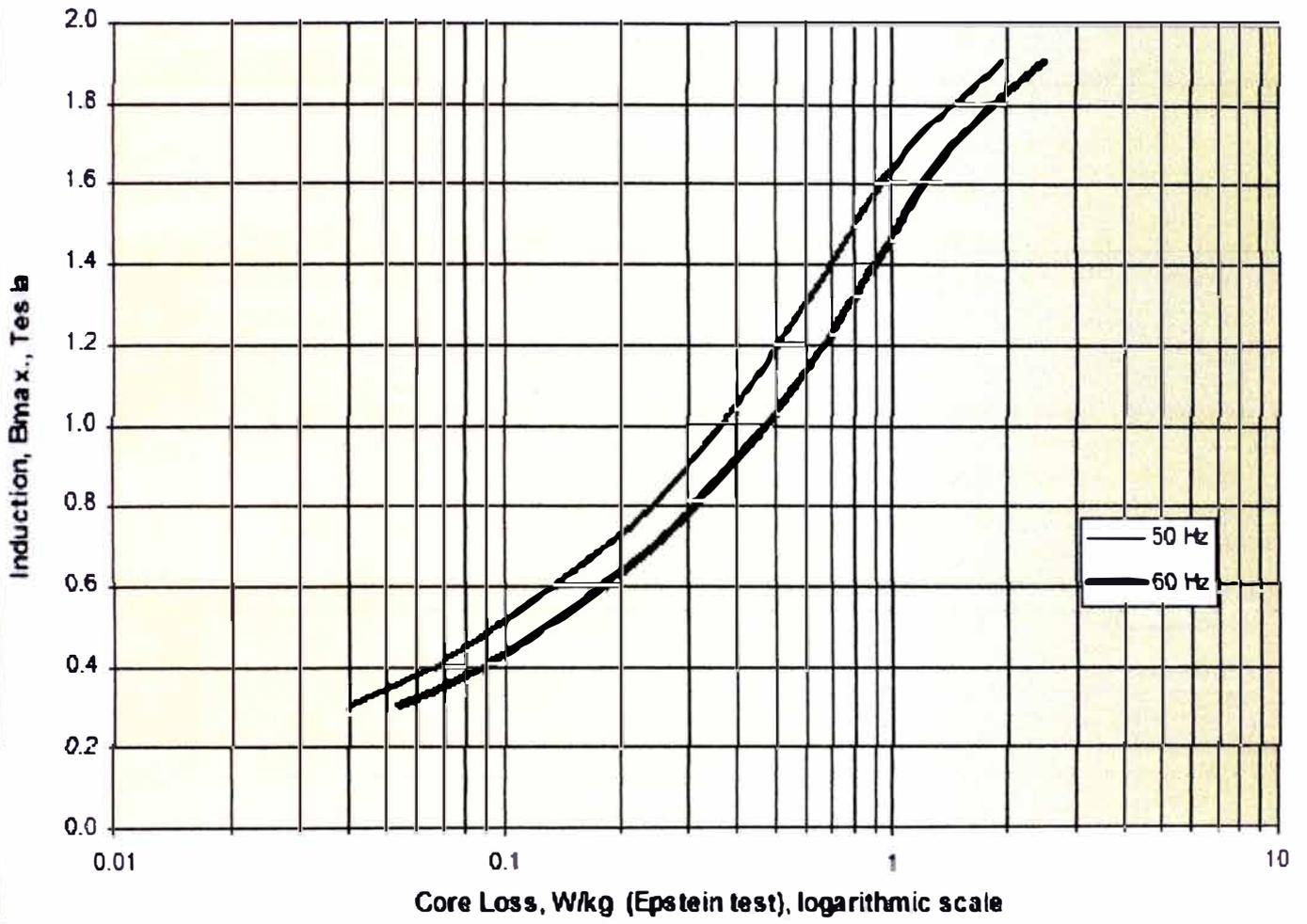
Apéndice I-b

Exciting Power vs. Flux Density for GO VR27-115

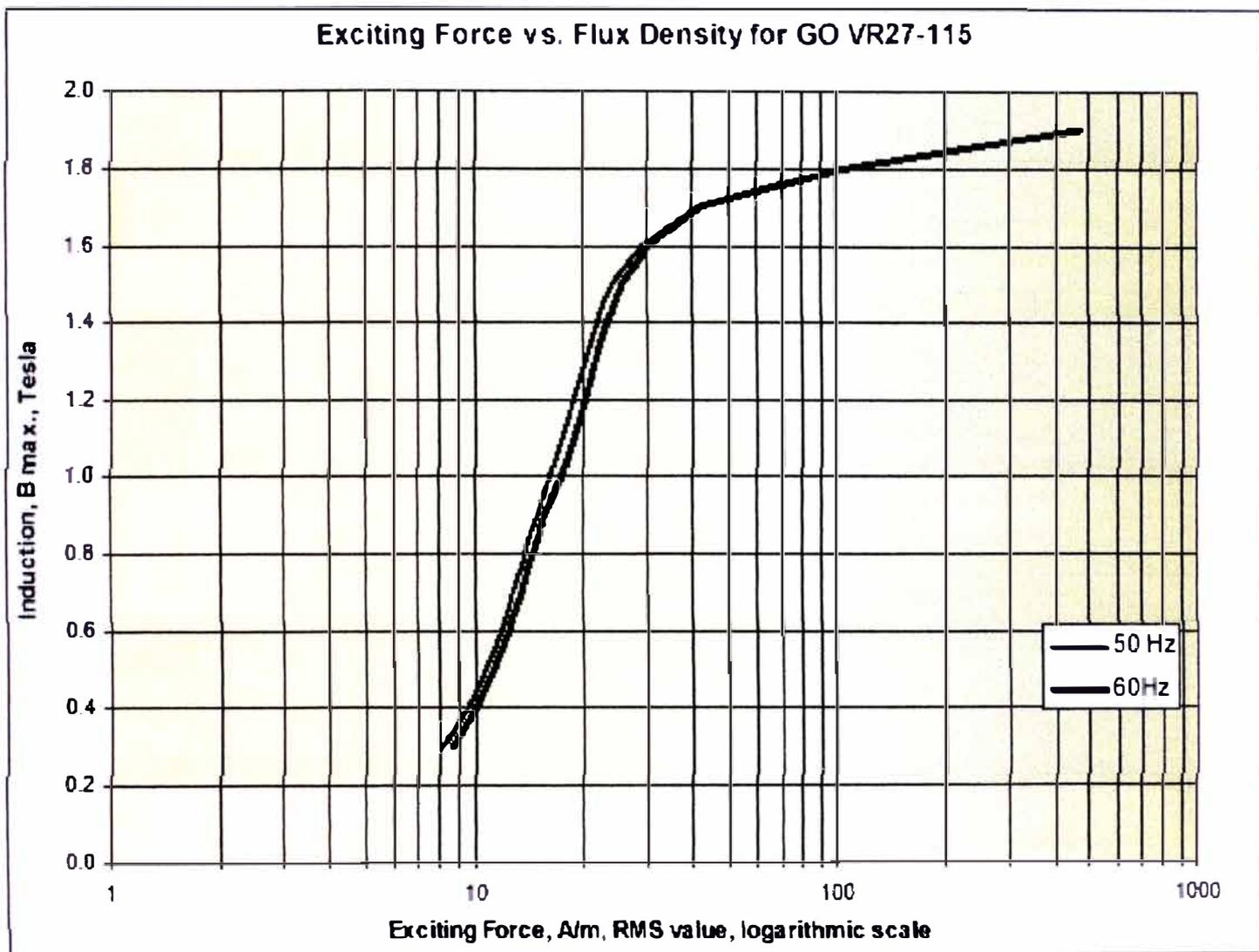


Apéndice I-c

Core Loss vs. Flux Density for GO VR27-115

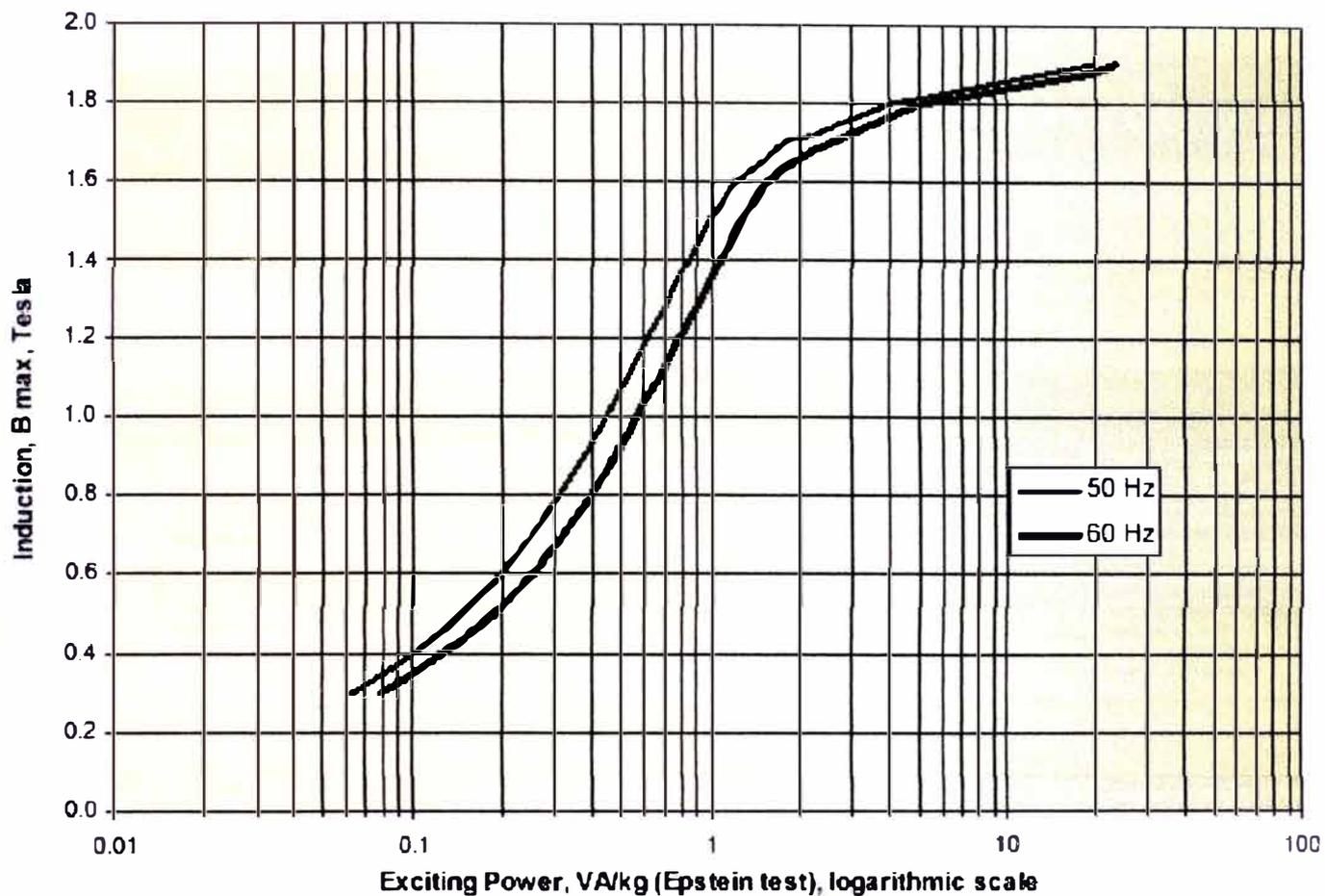


Apéndice I-d



Apéndice I-e

Exciting Power vs. Flux Density for GO VR27-115



Apéndice I-f

# ALAMBRES ESMALTADOS

Designación	Aislamiento	Clase Térmica	Norma	Grosor de Fabricación (Redondos)	Propiedades	Usos Principales
FORMAPER	Esmalte a base de Polivinil Formil modificado	105°C	NEMA MW-15-C	6 a 34	Alta resistencia a la abrasión, agentes químicos y gases minerales. Resistente a todos los aceites. Excelente adherencia y flexibilidad.	Motores de unidades selladas de refrigeración, bobinas para motores de alta velocidad. Motores generadores, reguladores, amplificadores, bobinas de radio y TV en general.
SOLDAPER	Esmalte a base de Poliacrilato	120°C	NEMA MW-2-C	25 a 34	Soldable	Bobinas para aparatos electrónicos, aparatos de medición, aparatos de radio y TV. En cualquier caso que se requiere soldar para solda.
POLIFER	Esmalte a base de Polyester	155°C	NEMA MW-3-C	6 a 34	Resistencia a los ácidos, las oxidaciones y agentes químicos. Excelente termoplástico.	Alimentadores, motores de aparatos de medición, transformadores para aparatos de radio y TV, reactores, reguladores, bobinas de ignición para motores, motores inductivos y universales, bobinas de ignición y de corriente para motores en general, todos los aparatos sujetos a condiciones de humedad y de calor.
TERMAPER	Esmalte a base de Polyester Indico	180°C	NEMA MW-33-C	6 a 34	Resistencia a temperaturas elevadas y agentes químicos. Resistente a todos los refrigerantes.	
EXTRAPER	Aislamiento dual base Polyester Indico. Resistencia a los ácidos. Amigable.	200°C	NEMA MW-73-C	6 a 34	Resistencia a la temperatura elevada, y alta resistencia mecánica. Resistente a todos los refrigerantes y gases corrosivos.	

## CARACTERISTICAS DIMENSIONALES

calibre AWG	Dimensión del Conductor			Esmalte Simple		Esmalte Doble	
	Min (mm)	Nom (mm)	Max (mm)	Incremento Min (mm)	∅ Externo Max (mm)	Incremento Min (mm)	∅ Externo Max (mm) -
6	4,074	4,115	4,135			0,089	4,244
7	3,630	3,665	3,583			0,086	3,787
8	3,231	3,264	3,282			0,084	3,383
9	2,878	2,906	2,921			0,081	3,020
10	2,563	2,588	2,601			0,079	2,695
11	2,291	2,304	2,316			0,076	2,408
12	2,032	2,052	2,062			0,074	2,151
13	1,811	1,829	1,839			0,071	1,922
14	1,613	1,628	1,636	0,041	1,632	0,081	1,732
15	1,435	1,450	1,458	0,038	1,509	0,076	1,547
16	1,278	1,290	1,298	0,036	1,349	0,074	1,384
17	1,138	1,151	1,156	0,036	1,207	0,071	1,239
18	1,013	1,024	1,029	0,033	1,077	0,066	1,110
19	0,902	0,912	0,917	0,030	0,963	0,064	0,993
20	0,805	0,813	0,818	0,030	0,861	0,058	0,892
21	0,716	0,724	0,726	0,028	0,770	0,056	0,798
22	0,635	0,643	0,645	0,028	0,686	0,053	0,714
23	0,569	0,574	0,577	0,025	0,517	0,051	0,543
24	0,505	0,511	0,513	0,025	0,551	0,048	0,577
25	0,449	0,454	0,457	0,023	0,493	0,046	0,516
26	0,399	0,404	0,406	0,023	0,439	0,043	0,462
27	0,358	0,361	0,363	0,020	0,396	0,041	0,417
28	0,317	0,320	0,323	0,020	0,356	0,041	0,373
29	0,284	0,287	0,289	0,018	0,320	0,038	0,338
30	0,251	0,254	0,256	0,018	0,284	0,036	0,302
31	0,224	0,226	0,229	0,015	0,254	0,033	0,274
32	0,201	0,203	0,206	0,015	0,231	0,030	0,249
33	0,178	0,180	0,183	0,013	0,206	0,028	0,224
34	0,157	0,160	0,163	0,013	0,183	0,025	0,198

Para solicitar dimensiones y embalajes no especificados en el presente catalogo, consultar con nuestro Departamento Técnico.

### Apéndice II-b

El cuadro que sigue indica las principales características y áreas de aplicación para los diferentes tipos de transformadores fabricados por INTERCO, S.A. de C.V.

TIPO	Resistencia al Abrazado	Resistencia al Corte	Resistencia a Accidentes Químicos	Resistencia al Fuego	Resistencia Eléctrica	PRINCIPALES APLICACIONES
POLIVALENTES TÓRRENTAL	MUY BUENO	BUENO	MUY BUENO	REGULAR	BUENO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Motores de la salvedad</li> <li>• Motores en general</li> <li>• Generadores de potencia para motores y turbinas</li> <li>• Motores de refrigeración</li> </ul>
POLIVALENTES TANCO	BUENO	BUENO	BUENO	BUENO	MUY BUENO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bobinas de potencia para motores de red y T.M. en donde se requiere facilidad para andar en remolque y a baja ll.</li> <li>• Motores para tracción</li> <li>• Bobinas de potencia para motores etc.</li> </ul>
POLIVALENTES TANCO MILION	EXCELENTE	BUENO	MUY BUENO	BUENO	BUENO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bobinas de potencia para motores de potencia y T.M. en donde se requiere facilidad para andar en remolque y a estables</li> <li>• Motores de potencia para tracción</li> <li>• Motores en general</li> <li>• Paralelos para alta velocidad</li> </ul>
POLIVALENTES	BUENO	MUY BUENO	BUENO	BUENO	EXCELENTE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Motores de potencia para tracción</li> <li>• Motores en potencia de alta potencia para tracción</li> <li>• Transformadores</li> <li>• Bobinas para tracción de alta potencia para tracción y a estables</li> </ul>
POLIVALENTES MOTOR D.A.F.	MUY BUENO	EXCELENTE	MUY BUENO	MUY BUENO	EXCELENTE	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Motores de alta potencia para tracción</li> <li>• Motores de tracción</li> <li>• Bobinas electrónicas para tracción</li> <li>• Transformadores</li> <li>• Transformadores para tracción</li> <li>• Motores de potencia para tracción</li> <li>• Motores en potencia para tracción y a estables</li> </ul>

Las áreas de aplicaciones aquí mencionadas no son limitadas y en algunas casos de acuerdo con el tipo de subred a la que se conecte el transformador de los datos contenidos en cada tipo de transformador electrónico.

NOTA: Para conocer las características técnicas de los tipos de transformadores aquí mencionados, consulte el Departamento de Ingeniería.

## Apéndice II-c

## Valores Dimensionales

Calibre	Diam. Nomin. 	INCREMENTO Mínimo del Esmalte en diámetro 		DIAMETRO TOTAL Máximo 	
		SE M.M.	DE M.M.	SE M.M.	DE M.M.
41	0.071	0.005	0.013	0.084	0.091
40	0.079	0.005	0.015	0.094	0.102
39	0.089	0.005	0.015	0.104	0.114
38	0.102	0.008	0.018	0.119	0.130
37	0.114	0.008	0.020	0.132	0.145
36	0.127	0.010	0.020	0.147	0.160
35	0.142	0.010	0.023	0.163	0.178
34	0.158	0.013	0.025	0.183	0.198
33	0.180	0.013	0.028	0.206	0.224
32	0.203	0.015	0.030	0.231	0.249
31	0.226	0.015	0.033	0.254	0.274
30	0.254	0.018	0.036	0.285	0.302
29	0.297	0.018	0.038	0.320	0.338
28	0.320	0.020	0.041	0.366	0.373
27	0.361	0.020	0.041	0.396	0.417
26	0.404	0.023	0.043	0.440	0.462
25	0.455	0.023	0.046	0.493	0.516
24	0.511	0.025	0.048	0.551	0.577
23	0.576	0.025	0.051	0.617	0.643
22	0.643	0.028	0.053	0.686	0.714
21	0.724	0.028	0.056	0.770	0.798
20	0.813	0.031	0.058	0.851	0.892
19	0.912	0.031	0.064	0.963	<del>1.003</del>
18	1.02	0.033	0.066	1.077	1.110
17	1.15	0.036	0.071	1.207	1.240
16	1.29	0.036	0.074	1.349	1.384
15	1.45	0.038	0.076	1.509	1.547
14	1.63	0.041	0.081	1.692	<del>1.732</del>
13	1.83	—	0.071	—	1.923
12	2.05	—	0.074	—	2.151
11	2.30	—	0.076	—	2.408

NOTA.— Los datos de esta tabla están sujetos a tolerancias normales de manufactura y/o modificaciones sin previo aviso.

## PAPÉLES PARA TRANSFORMADORES

Papel Plano y Papel Crepado para aislamiento de alambres y Platinas de cobre y Aluminio para la fabricación de Bobinas de Transformadores en aceite y Askarol

### USE

The paper is used in transformers as insulating material.

### DESCRIPTION

The transformer paper is made without additives to the cellulose fibres. Consequently there will be no break down products that can contaminate the oil or reduce insulation properties.

### CHARACTERISTICS

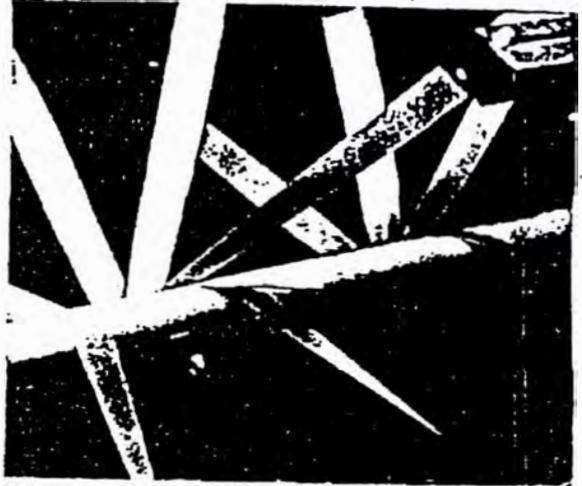
The transformer paper is characterised by its

- very high purity
- good heat resistance
- good ageing properties
- excellent strength
- excellent elasticity

### ENCINTADO DE PLATINAS

Las platinas de cobre despues de de recocidas se aíslan con cinta de papel plano o cinta crepe

de 15 o 20 MM de ancho. El encintado se puede hacer con encintadora de forma de Mandril con 4 porta-cintas o tambien Manual, la platina se alimenta de un carrete, pasando por prensa reguladora para alimentar con tension y a la vez aplanando y endorezandola, se da 4 o mas capas y se rebobina en otro carrete de forma uniforme para posterior formar la bobina, alimentado a la Bobinadora de este carrete.



## MATERIAL SPECIFICATION

Transformer paper, plain - PAPEL PLANO PARA TRANSFORMADORES

Machine width 3000-3250 mm.

Thickness µm		Density kg/m <sup>3</sup>		Basis weight g/m <sup>2</sup>		Gurley air resistance s	
Common grades	Possible range	Common grades	Possible range	Common grades	Possible range	Common grades	Possible range
45 60 80	40-300	755 750 745	700-800	34 45 67	30-250	800 800 800	100-1000

Transformer paper, creped

Machine width 1500 mm.

Standard types examples:

PAPEL CREPE PARA AISLAMIENTO DE PLATINAS

En las uniones y angulos agudos y conexiones en los extremos de las bobinas

Substance g/m <sup>2</sup>		Thickness µm	Elongation %	
Base paper	Creped paper		Standard	Possible range
34	60	300	75	30-35
46	75	295	65	



## PAPEL KRAFT 706

Papel kraft para aplicaciones eléctricas no calandrado

**Descripción:** Papel kraft asiente 706, no calandrado para aplicaciones eléctricas, se fabrica con un contenido mínimo de celulosa 100% pura. Especialmente adecuado para cargas eléctricas.  
El papel kraft asiente 706 se fabrica de acuerdo a las siguientes normas internacionales: CE 554 2, IEC 354 2, IEC 352 2H11.

**Propiedades:** Gracias a sus excelentes propiedades mecánicas, el papel kraft asiente 706 permite una gran velocidad de anclaje. El resultado de la alta concentración de fibra es una excelente calidad eléctrica.

**Aplicaciones:** El papel kraft asiente 706 se utiliza principalmente para el aislamiento de conductores y bobinas en transformadores de aceite, así como para el aislamiento de cables de potencia de alto voltaje.

### Características Técnicas

Propiedad	Unidad	Valores				
Espesor (CE 554-2)	mm	0,255	0,265	0,275	0,285	0,295
Peso específico (CE 554-2)	g/cm <sup>3</sup>	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Resistencia a la tracción (CE 554-2)	MPa	23	23	23	23	23
Elongación (CE 554-2)	%	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	%	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3
Coeficiente de expansión (DIN 53178)	%	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Coeficiente eléctrico en aire	g/cm <sup>3</sup>	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Prueba dieléctrica en aceite, una capa espesura de 0,20mm 50Hz	kV/mm	0	0	0	0	0
Conductividad del extracto acuoso	µS/cm	50-100	50-100	50-100	50-100	50-100
Valor de pH (CE 554-2)		6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
Gravimétrico (DIN EN ISO 535)	g/m <sup>2</sup>	12	12	12	12	12

NOTA: Los datos mostrados en esta tabla son valores promedio obtenidos de ensayos realizados en laboratorio de las plantas 50% = R 13300 QM EN 701971

**Disponibilidad:** El papel kraft asiente 706 se suministra en forma de rollos.  
Diámetro estándar: 75 mm. Anchos estándar: 1000, 800, 600, 500 mm.  
Espesores estándar: 0,202 hasta 0,30 mm.  
Sin demanda posterior, suministrar el material estándar en bobinas a partir de 4 toneladas.



# NOMEX® TIPO 410

NOMEX® tipo 410 es un papel calandrado de aislamiento con altos valores inherentes de resistencia dieléctrica, tenacidad mecánica, flexibilidad y resistencia. El tipo 410 es la forma original del papel NOMEX® y se emplea comúnmente en la mayoría de las aplicaciones de equipos eléctricos. Se suministra en 12 espesores (de 0.05 a 0.78 mm) y es utilizado en prácticamente todos los sistemas de aislamiento eléctrico por placa.

## Propiedades eléctricas

La Tabla I muestra los valores típicos de las propiedades eléctricas de NOMEX® tipo 410. Los valores de la Resistencia Dieléctrica con Subida Rápida CA expresan los niveles de esfuerzo de tensión soportados durante períodos de 10 a 20 segundos con una frecuencia de 60 Hz. Dichos valores difieren del potencial de resistencia a largo plazo. DuPont recomienda que los esfuerzos continuos en los transformadores no excedan 1.6 Kv/mm a fin de minimizar el riesgo de descargas parciales (corona).

Los valores de la Resistencia Dieléctrica con impulso de Onda Compleja fueron generados en planas planas similares a las placas de las aplicaciones de tapa y bandera. La geometría del sistema incide en los valores reales de resistencia de impulso del material. Los valores de Resistencia Dieléctrica son valores típicos y no deben ser usados como especificación de diseño. DuPont se comprometerá a cumplir o superar valores de diseño.

La temperatura apenas tiene efecto sobre la Resistencia Dieléctrica y la Constante Dieléctrica como puede verse en la Figura 1.

Tabla I — PROPIEDADES ELÉCTRICAS TÍPICAS

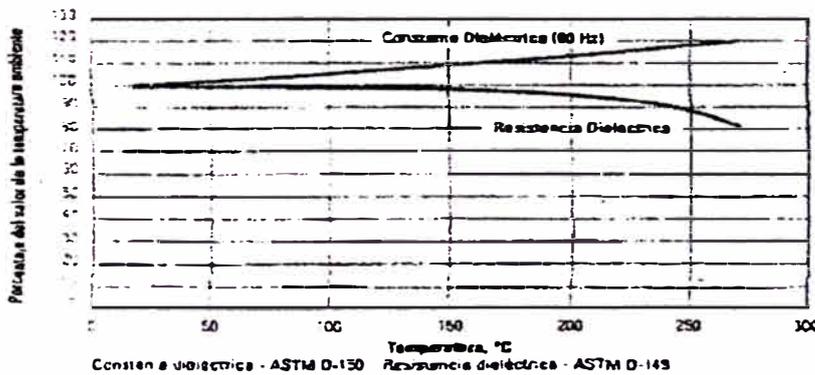
ESPEZOR (MILÍMETROS) (MIL)	2	3	5	7	10	12	15	20	24	25.5	28	30
Resistencia Dieléctrica Subida Rápida CA	0.05	0.06	0.12	0.18	0.25	0.30	0.35	0.51	0.65	0.65	0.75	0.75
Resistencia Dieléctrica Impulso Onda Compleja (V/mm)	400	550	600	640	745	820	850	810	980	730	720	820
Resistencia Dieléctrica Impulso Onda Compleja (V/mm)	1080	1050	1000	1400	1600	N/A	1680	1400	N/A	N/A	N/A	1250
Constante Dieléctrica a 60 Hz	1.8	1.8	2.6	2.7	2.7	2.9	3.2	3.4	3.7	N/A	3.7	3.7
Factor de Pérdida a 60 Hz (10 <sup>3</sup> )	4	5	6	6	6	7	7	7	7	N/A	7	7

ASTM D-143, electrodos de 10 mm, subida rápida, correspondiente a IEC 243-1, subsecuencial 3.1 salvo por los electrodos de 50 mm.

ASTM D-3425

ASTM D-150

Figura 1 — EFECTO DE LA TEMPERATURA SOBRE LAS PROPIEDADES ELÉCTRICAS DE NOMEX® TIPO 410 - 0.25 MM



## Importante:

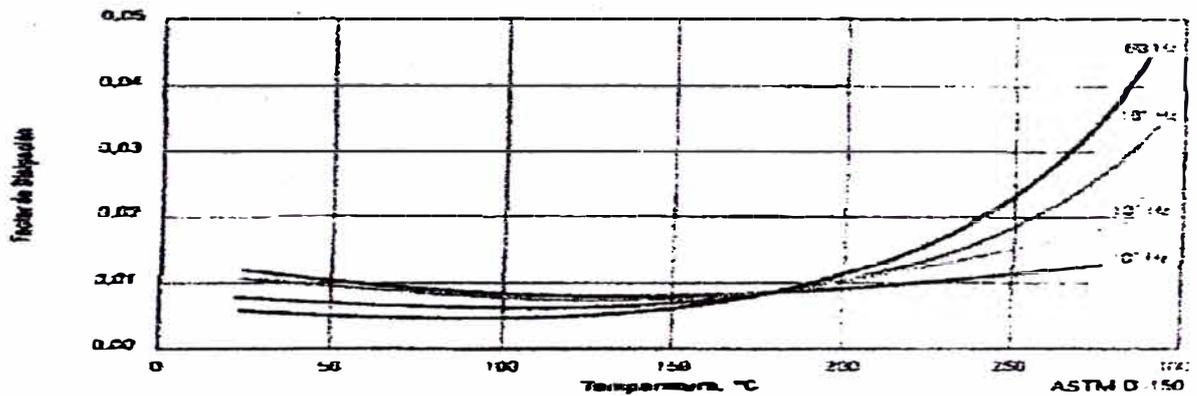
Las propiedades que constan en esta hoja de características técnicas son valores típicos y promedio y no deben ser tomados como límites de especificación. Excepto cuando estipulado, todas las propiedades fueron medidas en condiciones normales (en equilibrio a 23°C y 50% de humedad relativa). Obsérvese que como otros productos de las técnicas papeleas, los papeles NOMEX® presentan propiedades distintas en el sentido de la máquina (MD) y en sentido transversal (XD). En algunas aplicaciones, las ranuras de motores, por ejemplo, es necesario orientar el papel en la dirección óptima a fin de obtener todo el potencial de rendimiento del papel utilizado.

**Tabla II — EFECTOS DE LA HUMEDAD SOBRE LAS PROPIEDADES ELÉCTRICAS DE NOMEX® TIPO 410 - 0,25 MM**

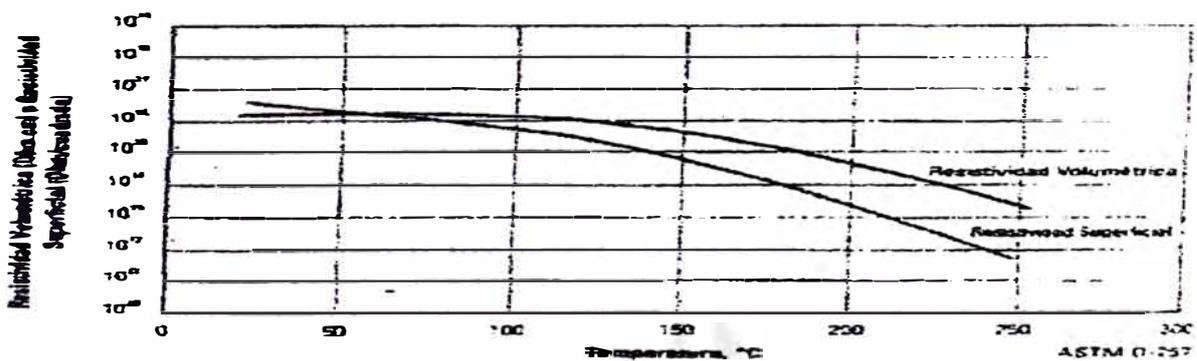
Humedad relativa (%)	50	98
Resistencia Dieléctica <sup>a</sup>		
(Ω·cm)	815	788
(Ω·mm)	32.1	38.7
Constante Dieléctrica <sup>b</sup>		
a 60 Hz	2.7	3.2
a 1 kHz	2.8	3.1
Factor de Disipación <sup>b</sup>		
a 60 Hz (x 10 <sup>-7</sup> )	6	11
a 1 Hz (x 10 <sup>-7</sup> )	14	25
Resistividad Volumétrica (Ohm·cm)	2x10 <sup>10</sup>	2x10 <sup>10</sup>

<sup>a</sup> ASTM D-149, electrodos de 50 mm, subida rápida correspondiente a IEC 243-1, <sup>b</sup> ASTM D-150 <sup>c</sup> ASTM D-257

**Figura 2 — FACTOR DE DISIPACIÓN EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA Y FRECUENCIA NOMEX® TIPO 410 - 0,25 MM**



**Figura 3 — RESISTIVIDAD EN FUNCIÓN DE LA TEMPERATURA NOMEX® TIPO 410 - 0,25 MM**



# Información Técnica



# Laminados Aislantes Flexibles

TI11 | TI12 | TI13 | TI15

ISONOM NMN Generales (a)

14

## ISONOM<sup>®</sup> NMN 0881; 8.0883; 13.0885; 2035

Homologado UL E208136

Laminado Nomex<sup>®</sup> - film de poliester - Nomex<sup>®</sup>

Clase térmica H (180°C)

**Composición:** ISONOM<sup>®</sup> NMN es un laminado flexible compuesto de papel aramida Nomex<sup>®</sup> y un film de poliester PETP, en forma triplex con el papel Nomex<sup>®</sup> recubriendo las caras exteriores de materia.

**Propiedades:** ISONOM<sup>®</sup> NMN se fabrica en diferentes versiones, combinando entre si el papel Nomex<sup>®</sup> con el film de poliester.  
Los tipos 0881, 8.0883 y 13.0885 están fabricados con Nomex<sup>®</sup> calandrado de 50, 80 y 130 µm respectivamente recubriendo por ambas caras el film de poliester, poseen una superficie satinada que permite la inserción en ranura utilizando máquinas automática. El tipo 2035 está fabricado con Nomex<sup>®</sup> no calandrado de 130 µm de espesor recubriendo ambas caras del film de poliester, este laminado es muy flexible y altamente absorbente.

**Aplicación:** ISONOM<sup>®</sup> NMN es un aislante de clase térmica H (180°C) utilizado generalmente en las siguientes aplicaciones: Aislantes de fondo y cierre de ranura en motores de baja tensión, particularmente en motores de tracción, aislante entre fases y cabezas de bobinas.

Además, ISONOM<sup>®</sup> NMN se utiliza como aislamiento entre capas en transformadores y bobinas de máquinas eléctricas.

**Suministro:** En rollos de aprox. 910 mm de ancho y 50 kg de peso. (0881; 8.0883; 13.0885).  
En rollos de aprox. 950 mm de ancho y 30 kg de peso. (2035).  
Bobinas cortadas a partir de 6 mm de ancho.  
Diámetro interior 75 mm.  
Bajo demanda podemos suministrar en forma de hojas cortadas, bras y piezas irregulares (si confirmadas según plano).  
Consulte a nuestro departamento comercial en el caso de requerimiento de ISONOM<sup>®</sup> NMN adhesivado.

**Almacenaje:** Recomendamos almacenar los rollos de ISONOM<sup>®</sup> en ambientes secos exentos de polvo.

### Apéndice III-

# Información Técnica



# Laminados Aislantes Flexibles

TE11, TE12, TE13, TE15

ISONCM, NMN Generales (e)

26

## Datos técnicos

### ISONCM® NMN 3381

Propiedades	Unid.	Valor							
Espesor nominal	mm	0,12	0,13	0,15	0,18	0,22	0,25	0,31	
Tolerancia espesor	mm	± 0,01	± 0,02	± 0,02	± 0,03	± 0,03	± 0,03	± 0,04	
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	134	152	171	208	241	276	361	
Espesor PETP	µm	23	36	50	75	100	125	160	
Espesor Nomex®	µm	50	50	50	50	50	50	50	
Tensión de perforación	kV	7	7	9	11	12	15	17	
Tensión de perforación tras plegado	kV	7	7	8	10	11	14	16	
Resistencia a la tracción	Long.	N/cm	150	130	170	200	220	220	230
	Trans.	N/cm	100	110	140	170	200	200	240
Hinchazón	%	20	20	20	20	20	20	20	

### ISONCM® NMN 0281

Propiedades	Unid.	Valor							
Espesor nominal	mm	0,35	0,42	0,48	0,50	0,60	0,71	0,82	
Tolerancia espesor	mm	± 0,02	± 0,03	± 0,03	± 0,01		± 0,03	± 0,04	
Densidad	g/cm <sup>3</sup>	151	229	291	320		340	390	
Espesor PETP	µm	250	300	350	390*		510*	710*	
Espesor Nomex®	µm	50	50	50	50		50	50	
Tensión de perforación	kV	20	22	23	24		25	27	
Tensión de perforación tras plegado	kV	18	20	22	23		24	25	
Resistencia a la tracción	Long.	N/cm	340	440	450	460		500	520
	Trans.	N/cm	300	400	420	430		450	480
Hinchazón	%	20	15-20	15-20	15-20		15-20	15-20	

\*MYLAR® marca registrada por Du Pont de Nemours Inc.

\*NOMEX® marca registrada por Du Pont de Nemours Inc.

\*Espesor caliente no controlado, obtenido por insuflación interna

27

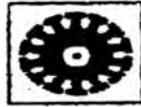
02 / 04



**TEINSER, S.A.** Materiales de  
Aislamiento Eléctrico  
Grupo Isovelle - Austria

Apéndice III-f

# Información Técnica



# Laminados Aislantes Flexibles

TT11 / TT12 / TT13 / TT15

ISONOM NMN Generales (e)

3/5

**Datos técnicos:**

ISONOM NMN 0.083							
Propiedades	Unid.	Valor					
Espesor nominal	mm	0,20	0,21	0,22	0,25	0,27	
Tolerancia espesor	mm	± 0,02	± 0,02	± 0,02	± 0,02	± 0,02	
Gramaje	g/m <sup>2</sup>	184	202	222	257	292	
Espesor PETP	µm	23	36	50	75	100	
Espesor Nomex®	µm	80	80	80	80	80	
Tensión de perforación	kV	6	7	9	10	13	
Tensión de perforación después del plegado	kV	6	7	9	10	13	
Resistencia a la tracción	Longitudinal	N/cm	180	180	200	250	280
	Transversal	N/cm	110	120	180	230	260
Elongación	%	20-25	20-25	20-25	20-25	20-25	

ISONOM NMN 0.083							
Propiedades	Unid.	Valor					
Espesor nominal	mm	0,30	0,36	0,42	0,47	0,52	
Tolerancia espesor	mm	± 0,02	± 0,02	± 0,03	± 0,03	± 0,03	
Gramaje	g/m <sup>2</sup>	327	418	502	572	642	
Espesor PETP	µm	125	190	250	300	350	
Espesor Nomex®	µm	80	80	80	80	80	
Tensión de perforación	kV	14	18	21	22	23	
Tensión de perforación después del plegado	kV	14	16	19	20	22	
Resistencia a la tracción	Longitudinal	N/cm	300	360	380	450	480
	Transversal	N/cm	280	340	340	420	450
Elongación	%	20-25	20-25	20	15-20	15-20	

MYLAR®, marca registrada por Du Pont de Nemours Inc.  
NOMEX®, marca registrada por Du Pont de Nemours Inc.

JC

02 / 04



**TEINSER, S.A.** Materiales de  
Grupo Isovolta - Austria Aislamiento Eléctrico

Apéndice III-g

## Technical Data:

	Test standard *	Measured value	Standard value
Thickness tolerance	IEC 641-2	±10 %	±10 %
Apparent density	IEC 641-2	1.1 g/cm <sup>3</sup>	1.0 - 1.2 g/cm <sup>3</sup>
Min. tensile strength M.D, unfolded	IEC 641-2	90 N/mm <sup>2</sup>	80 N/mm <sup>2</sup>
Min. tensile strength C.M.D, unfolded	IEC 641-2	50 N/mm <sup>2</sup>	40 N/mm <sup>2</sup>
Min. elongation M.D, unfolded	IEC 641-2	6.5 %	6 %
Min. elongation C.M.D, unfolded	IEC 641-2	13 %	12 %
Max. moisture content	IEC 641-2	8 %	8 %
Max. ash content	IEC 641-2	0.5 %	1 %
pH of aqueous extract	IEC 641-2	7 - 9	6 - 9
Max. shrinkage M.D	IEC 641-2	0.7 %	1 %
Max. shrinkage C.M.D	IEC 641-2	1.2 %	1.5 %
Max. thickness shrinkage	IEC 641-2	5 %	7 %
Min. oil absorption	IEC 641-2	25 %	12 %
Min. breakdown voltage in air, unfolded, normalized	IEC 641-2	10 kV/mm	9 kV/mm
Min. breakdown voltage in oil	IEC 641-2	60 kV/mm	40 kV/mm

Measured values determined at 0.2 mm thickness.

Although the above values have been determined by conscientious testing, they provide only general guidelines. Our company has implemented several programs to assure the highest quality and reliability of this product. Due to the wide range of applications, however, no responsibility can be assumed for its use.



Apéndice IV-a

## Información Técnica



## Papeles y Cartones

70 - Paper PB2 (Alta Densidad).doc

PSP PB2

1/1

### PRESSPAHN PB2

Presspan en rollos según norma DIN 7733 : PSP 3055

**Composición:** Papel PB2, es un cartón aislante calandrado de alta calidad, de color marrón natural acabado satinado, de alta pureza química y buena estabilidad al calor prolongado, fabricado a partir de pasta química de madera al sulfato.

Cumple con las siguientes normas internacionales:      DIN 7733      PSP 3055  
IEC 541:      P 4.1.A

**Aplicaciones:** Empleado en la industria eléctrica en general, particularmente en la fabricación de transformadores sumergidos en aceite, condensadores. Puede ser utilizado inclusive con bucos del tipo monoisopropilbifenil (mipb's) y siliconas. Es ampliamente utilizado en el aislamiento de motores de baja tensión, ya sea solo o laminado con film de poliéster. Finalmente por sus excelentes propiedades eléctricas y mecánicas es ideal para fabricación de piezas aislantes troqueadas, plegadas, etc.

#### Características Técnicas:

Propiedades		Unidad	Valores					
Espesor		mm	0.125	0.18	0.25	0.30	0.38	0.50
			0.005"	0.007"	0.010"	0.012"	0.015"	0.020"
Densidad aparente		g/cm <sup>3</sup>	1.10 - 1.15					
Resistencia a la tracción	Longitudinal	Mpa	140 a 160					
	Transversal		30 a 35					
Elongación a la rotura	Longitudinal	%	> 2.5					
	Transversal	%	> 9					
pH de extracto acuoso		-	7 a 8.5					
Conductividad del extracto acuoso (IEC 554)		mSim	2 a 4					
Contenido de cenizas		%	0.4 a 0.5					
Contenido de humedad		%	6 a 8					
Rigidez dieléctrica en aire		kV/mm	9 a 10.5					
Rigidez dieléctrica en aceite		kV/mm	90	75	70	60	55	50

**Suministro:** Otros espesores: 0.100; 0.200; 0.350; 0.400; 0.600; 0.800; 1.000 mm  
El Papel PB2 se suministra en forma de rollos standard. Diámetro interior: 78 mm  
Ancho: 1000mm 1000mm Algunos a 850 mm  
Diámetro exterior: 380/400 mm 230/240 mm  
Peso: 55/110kg 45/55 kg  
Puede suministrarse en forma de bobinas cortadas a partir de 5 mm de ancho.  
Piezas troqueladas y conformadas según plano.

JE

97/11



### Materiales de Aislamiento Eléctrico

Avda. Salvateja, 254. C/Mogoda  
08210 Barbera del Vallès - Barcelona

Tel: ++ 34 93 729 75 50  
Fax ++ 34 93 719 05 11

**NERVADURAS O LISTONES ESPACIADOS TIPO-S  
DE CARTON HD O HDLP Y ADHERIDOS SOBRE BANDA DE PAPEL-PRENSADO**

Las nervaduras verticales distanciadas entre si, para formar ductos de enfriamiento principalmente entre capas interiores de bobinas

As distances to build up vertical cooling ducts mainly inside or between foil windings.

Shrinkage during drying of the special type with the fibres of the strips perpendicular to the plane of the presspaper is reduced from 4 to 0.5%. The compressive strength is, however, somewhat reduced. The nb spacings are resistant to transformer oil and withstand vapour phase treatment.

**DESCRIPTION**

The S-type nb spacing consists of strips of ELBOARD HD or HDLP, which are glued to two or three carriers of varnished presspaper. The standard direction of the cellulose fibres of the strips is parallel to the presspaper.

On special request the nb spacing may be supplied with the fibres of the strips perpendicular to the presspaper.

The nb spacing is normally supplied in rolls.

**TYPICAL DIMENSIONS**

Min. and max. strip heights (SH) strip widths (SW) and pitches (P) are linked to each other. Max. strip overlap (SO) is linked to width (W). The third presspaper is normally required for nb spacing wider than approx. 600 mm. The exact value depends on the height and width of the strips.  $L_1$  is the length of nb spacing required in each step of the actual transformer production.

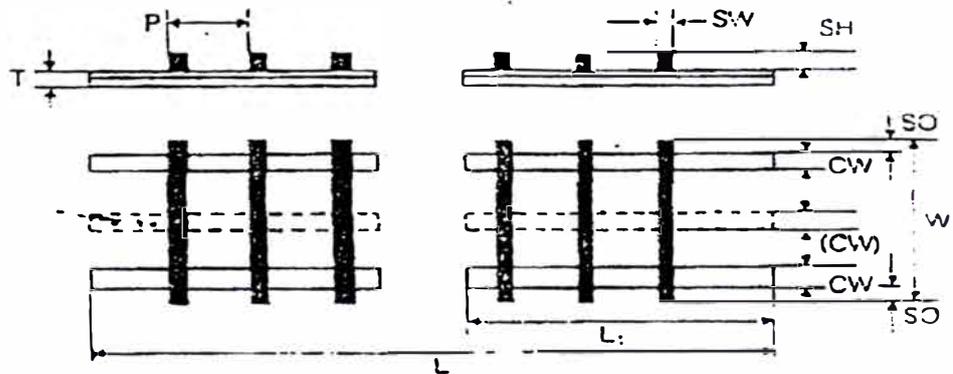
**CHARACTERISTICS**

Strips made out of ELBOARD HD or HDLP, assure excellent electrical and mechanical properties.

	Width (W) mm	Strip overlap (SO) mm	Carrier width (CW) mm	Strip height (SH) mm	Strip width (SW) mm	Pitch (P) mm	Carrier thickness (T) mm	Length (L) mm	Total length (L) m
Min.	200	0	60	2	6	16	0.25	as ordered	as ordered
Max.	1000	100		13	10	70			

Other measurements on request

- P Paso
- W Ancho
-  ELBOARD HD varnish
-  Presspaper
- L Largo
- CW Banda



**TOLERANCES ON DELIVERY**

Width (W) mm	Strip height (SH)	Thickness (T) mm
±2	Standard: Fibres parallel to the paper $SH \leq 5 \text{ mm} \pm 5\%$ $SH > 5 \text{ mm} \pm 4\%$ Special: Fibres perpendicular to the paper ±0.5 mm	±0.1

**NERVADURAS O LISTONES ESPACIADORES  
DE CARTONHD Y ADHERIDO SOBRE BANDA DE PAPER-PRENSADO**

La distancia o espacio entre las nervaduras forman principalmente ductos de enfriamiento en el interior o entre capas de bobinas de transformadores en aceite o askarel

As distances to build up vertical cooling ducts mainly inside or between foil windings.

The strips made out of ELBOARD HD assure excellent electrical and mechanical properties. By placing the strips with the fibres perpendicular to the plane of the presspaper the shrinkage during the drying process is reduced from 4 to 0.5%. The compressive strength is, however, somewhat reduced.

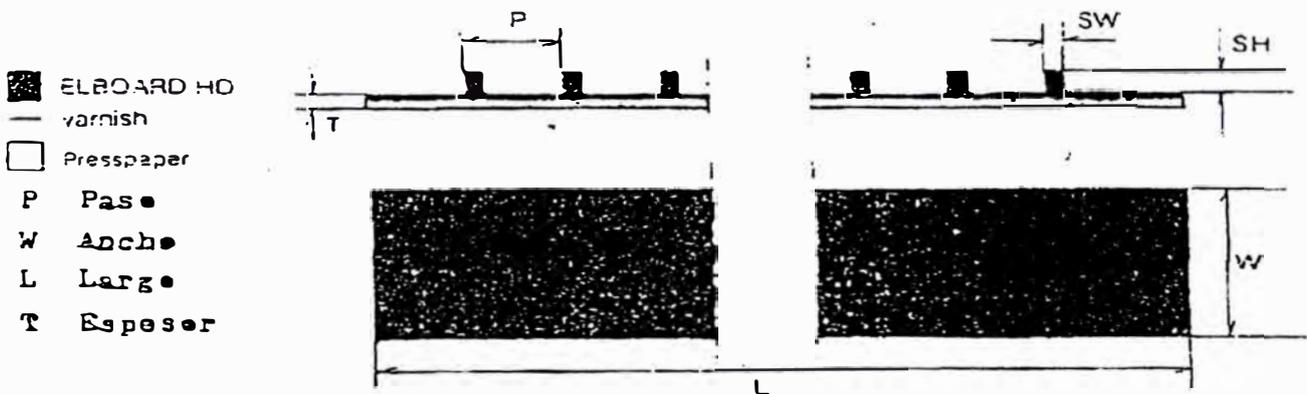
**DESCRIPTION**

The rib spacing consists of strips made of ELBOARD HD which are glued to a band of varnished presspaper. The direction of the cellulose fibres of the strips can either be parallel or perpendicular to the presspaper.

The rib spacings are resistant to transformer oil and stand vapour phase treatment.

**DIMENSIONS (all measurements in mm)**

	Width W	Strip height SH	Strip width SW	Pitch P	Thickness T	Length L
Min	150	4	5	18	0.25	on request
Max	1000	13	10	40		



**TOLERANCES ON DELIVERY (all measurements in mm)**

Width W	Strip height SH	Thickness T
± 2	± 0.25 fibres parallel to the paper ± 0.50 fibres perpendicular to the paper	± 0.1

**ORDERING EXAMPLE**

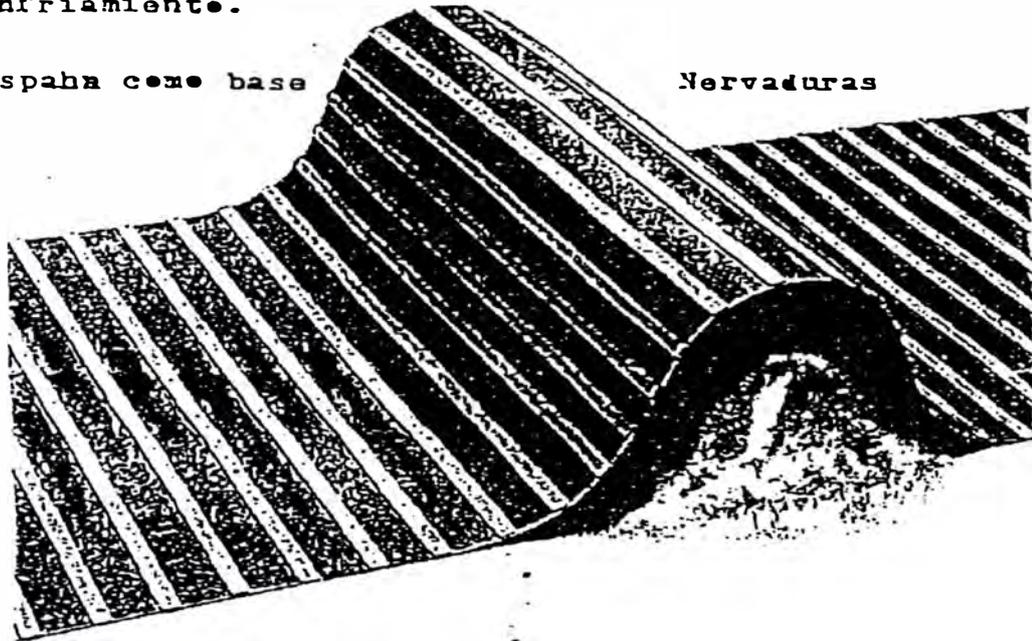
50 metres rib spacing W450 SH5 SW8 P35 fibres perpendicular to the paper

**NERVADURAS O ESPACIADORES DE CARTON TIPO HD ADHERIDOS Y ESPACIADOS PARA FORMAR DUCTOS VERTICALES DE ENFRIAMIENTO**

Usados en la separacion de capas de las bobinas y entre bobinas formando ductos para la circulacion del aceite en el sistema de enfriamiento.

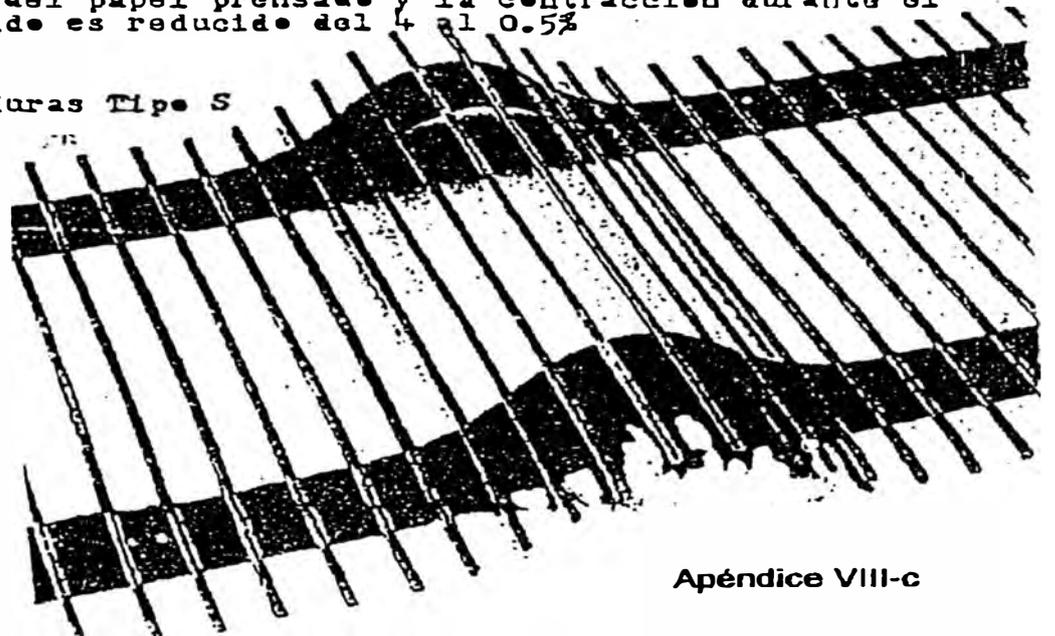
Papel Prespahn como base

Nervaduras



La distancia entre nervaduras o Paso como sus dimensiones son seleccionadas por el diseñador que incluye el ancho SW y la altura SH. El ancho de la banda se entrega de 150 a 1000 MM. Las nervaduras son fabricadas de carton prensado tipo ELBOARD HD que le aseguran una excelente propiedades mecanicas y electricas. Las nervaduras son instaladas con la fibra perpendicular a el plano del papel prensado y la contraccion durante el proceso de secado es reducido del 4 al 0.5%

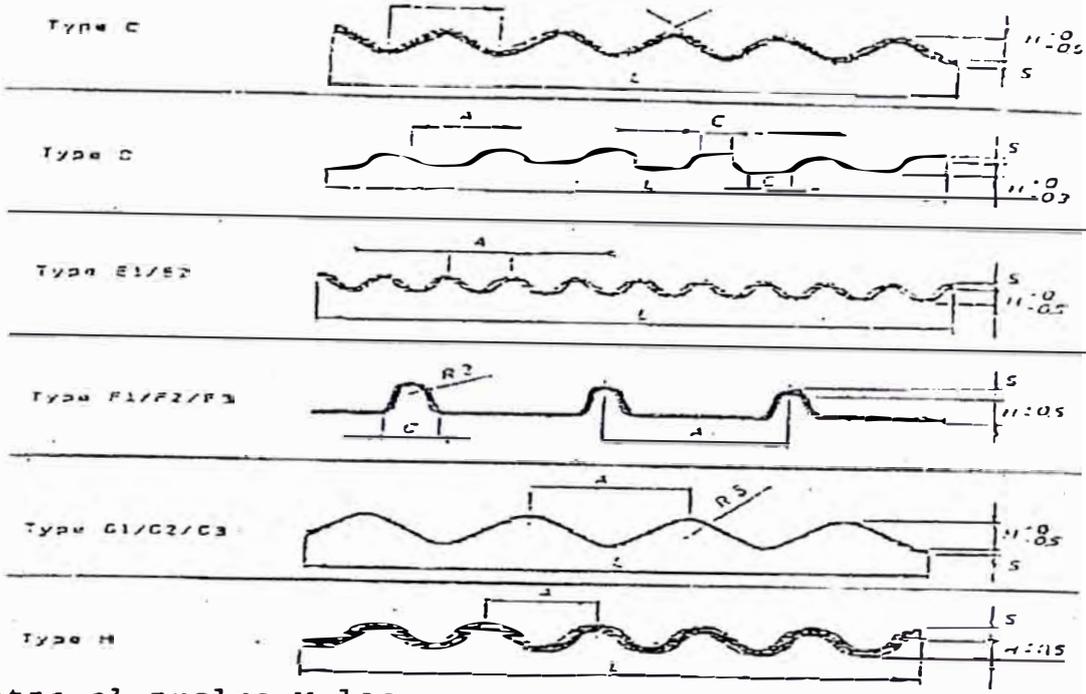
Nervaduras Tipo S



Apéndice VIII-c

Apéndice V-b

PAPELES Y CARTONES ONDULADOS



El aislamiento entre el nucleo y las bobinas estan compuestos de sectores. Entre los extremos de las bobinas y el nucleo hay anillos angulares, piezas de apoyo de las bobinas, etc.

Anillo Angular y Casquete

Aislan las bobinas entre si, del nucleo y del tanque

Anillo de Soporte

Aislamiento principal entre la bobina y tierra, soporte mecánico

Anillos Estaticos

Para compensar el esfuerzo interno y alrededor de las bobinas de A.P. y los componentes conectadas a tierra, tales como las patas del nucleo y los yugas

Cilindros

Soporte estructural para las bobinas y aislamiento entre ellas y a tierra

Aislamiento del Conductor

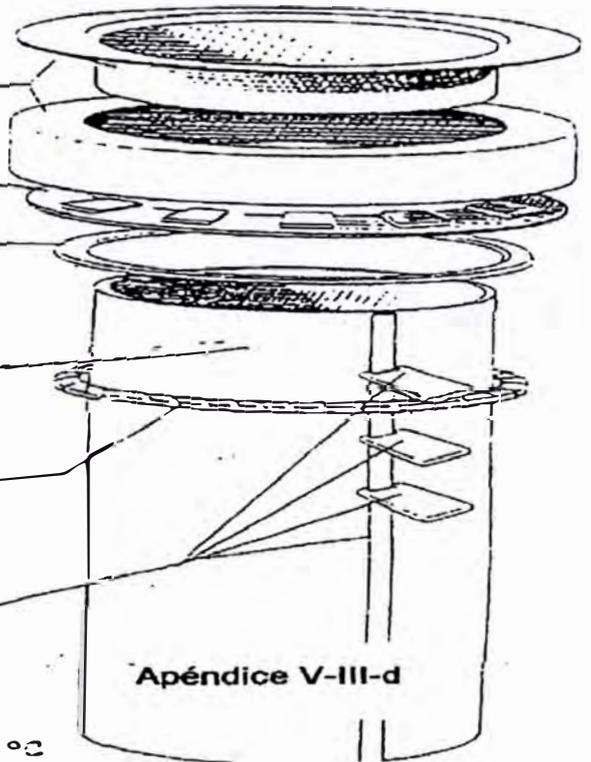
Se usa como aislamiento entre las espiras de las bobinas, este aislamiento esta sometido a la mas alta temperatura

Separadores Axiales y Radiales

Proveen soporte mecánico y flujo directo del aceite

Papel Aramid

Los componentes resistieren hasta 200 °C



Apéndice V-c



## Propiedades Físicas

	ASTM	Limites Tipo II	Shell Diala AX
Punto de Anilina, °C	D-611	63 - 84	75
Color			
Punto de Inflamación, °C	D-92	145 mín.	154
Tensión Interfacial 25°C. dinas/cm.	D-971	40 mín.	46
Punto de Fluidez, °C	D-97	-40 mín.	-40
Densidad a 60°F. kg/l°C	D-1298	Reportar	0.8746
Viscosidad:	D-445		
@ 0°C cSt		76.0 máx.	46.95
@ 40°C cSt		12.0 máx.	8.38
@ 100°C cSt		3.0 máx.	2.23
Aspecto visual	D-1524	Claro y brillante	Claro y brillante

## Propiedades Eléctricas

	Método ASTM	ANSI/ASTM/NEMA Limites Tipo II	Shell Diala AX
Rigidez Dieléctrica @ 60 Hz Electrodos de disco, kV Electrodos VDE, kV abertura 0.040 pulgadas (1.02mm) abertura 0.080 pulgadas (2.03mm)	D-877 D-1816 (1)	30 mín. 28 mín. 56	>40 >28 >56
Tensión disruptiva dieléctrica de impulso 25°C, aguja a esfera conectada a tierra. Abertura 1 pulgadas (25.4mm), kV	D-3300	145 mín.	>150
Factor de potencia, 60 Hz @ 100°C, %	D-924	0.30 máx.	0.198
Tendencia al desprendimiento de gas del electrodo Procedimiento B, uL/min	D2300	+ 30 máx.	+ 22

(1) D-1816 aplicable solo a aceites nuevos, luego de ser deshidratados, nitrados y desgasificados antes de ingresar al transformador

## Propiedades Químicas

	Método ASTM	ANSI/ASTM/NEMA Limites Tipo II	Shell Diala AX
Inhibidor contra la oxidación 2,6-paracresol butílico ditertiarico, % peso	D-2568 D-1473	0.3 máx.	0.19
Azufre Corrosivo	D-1275	No corrosivo	No corrosivo
Agua, ppm	D-1533	35 máx.	22
Número de Neutralización, mg KOH/gr	D-974	0.03 máx.	0.0013
Estabilidad a la Oxidación @ 72 horas Lodos, % peso	D-2440	0.10 máx.	0.04
TAN-C, mg KOH/g		0.30 máx.	0.21
Contenido PCB's, ppm	D-4059	No detectado	No detectado

## Apéndice VI-b

## Información Complementaria

	Método ASTM	ANSI/ASTM/NEMA Límites Tipo II	Shell Diala AX
Coefficiente de expansión térmica: ml/CmL	D-1903	0.007-0.0008	0.00075
Resistividad, U-cm @ 25 °C @ 100°C	D-11169		2000 * 10 <sup>12</sup> 50 * 10 <sup>12</sup>
Permisividad Relativa @ 25°C	D-921	2.2 - 2.3	2.2 - 2.3
Calor Específico, gm-cal/gm. @ 20°C	D-2766	0.44	0.445
Conductividad térmica, cal/cm.s.co/°C	D-2717	0.003 - 0.0004	0.0003
Gravedad API, 60/60°F	D-287		28.4
Color, Saybolt	D-155		+ 15
Nº Emulsión de vapor	D-1935		15
Azufre, % peso	D-2622		0.07
Peso Molecular	D-2503		261
Índice de Refracción	D-1218		1.4815
Constante Viscosidad - Grav.	D-2140		0.865
Índice de Viscosidad	D-2270		45
Composición Tipo de Carbon	D-2140		
% Ca			7
% Cn			47
% Cp			46
Análisis de lodos gelatinosos	D-2007		
Saturados, % Peso			76.0
Aromáticos, % Peso			23.1
Polares, % Peso			0.9
Insolubles, % Peso			0.0
Presión de vapor, mm Hg			
80°C			0.10
93°C			0.24
107°C			0.60
121°C			1.25



**Naphthenics Product Data Sheet  
Nynas Transformer Oil - Nytro Orion I**

2006-08-21

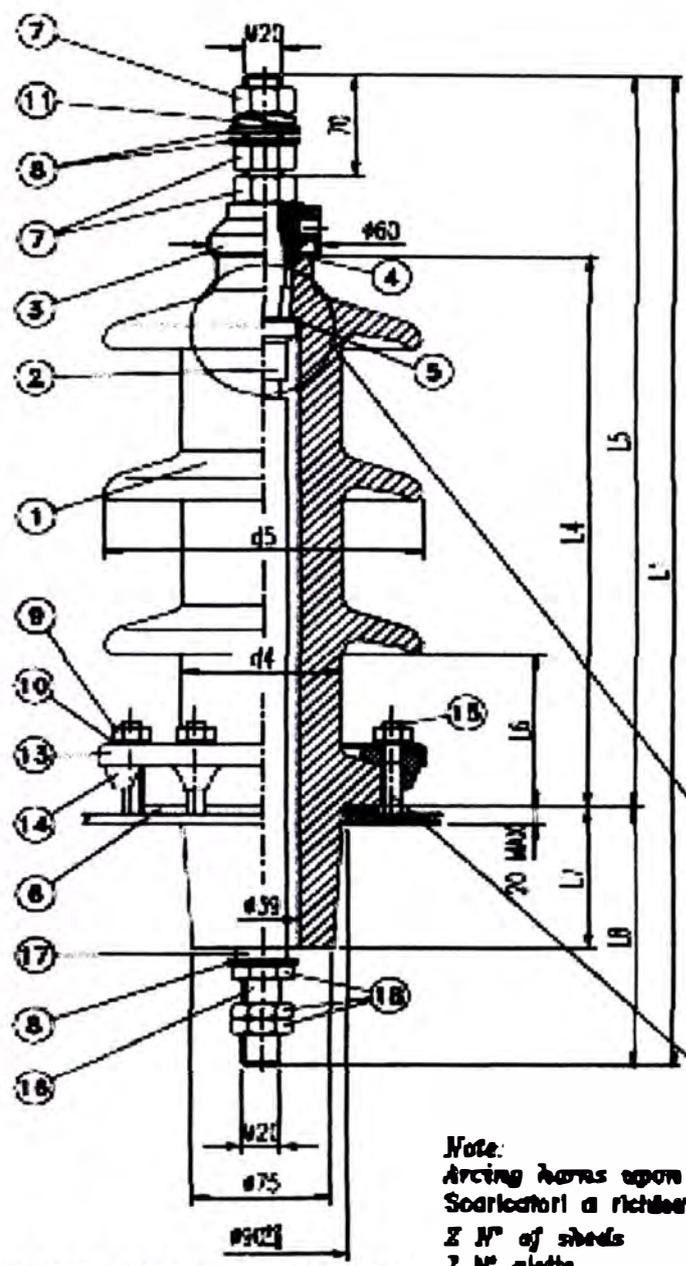
PROPERTY	UNIT	TEST METHOD ASTM	GUARANTEED DATA		TYPICAL DATA
			Min	Max	
<b>1. Physical</b>					
Appearance		D 1524	Clear and Bright		C&B
Density, 15°C	kg/dm <sup>3</sup>	D 1298		0.91	0.885
Viscosity, 40°C	mm <sup>2</sup> /s	D 445		12	9.0
Viscosity, 100°C	mm <sup>2</sup> /s	D 445		3.0	2.2
Viscosity, 0°C	mm <sup>2</sup> /s	D 445		76	59
Flash Point, COC	°C	D 92	145		150
Pour Point	°C	D 97		-40	-60
Aniline Point	°C	D 611	53	84	73
Colour		D 1500		0.5	0.5
Interfacial tension at 25°C	mN/m	D 971	40		50
<b>2. Chemical</b>					
Total Acid no	mg KOH/g	D 974		0.05	0.01
Corrosive sulphur		D 1275A	Non corrosive		Non corrosive
Corrosive sulphur		D 1275B	Non corrosive		Non corrosive
Antioxidant, phenols	Wt %	D 2668		0.08	0.08
Water content	ppm	D 1533		35	20
PCB content	ppm	D 4059	Not detectable		Not detectable
<b>3. Electrical</b>					
Dielectric dissipation factor at 100°C	%	D 924		0.3	0.1
at 25°C	%			0.05	0.01
Breakdown voltage - Before treatment	kV	D 877	30		55
- After treatment	kV	D 1816 (0.04" gap)	28		36
Impulse breakdown	kV	D 3300	145		300
Gassing tendency	µl/min	D 1300B		+30	-20
<b>4. Oxidation Stability</b>					
After 72 h: Sludge	wt%	D 2440		0.15	0.01
Neutralization No	mg KOH/g			0.5	0.02
After 164 h: Sludge	wt%			0.3	0.01
Neutralization No	mg KOH/g			0.6	0.10

Nytro Orion I is an trace inhibited transformer oil, meeting ASTM D3487 type I.

Apéndice VI-d

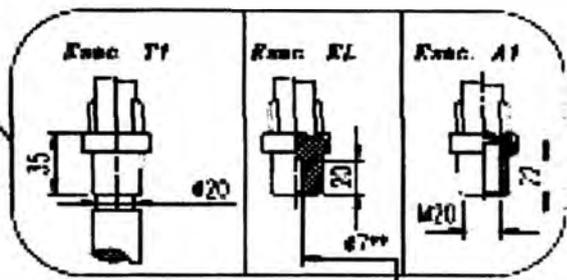


n° di ing. in servizio 44, presente sempre nel debito di spedito e, eventualmente, a richiesta, a tutti i numeri di telefono.  
 tel. 06 49 81/11/12/13  
 fax 06 49 81-0-30  
 tel. 06 49 81-0-30



DESCRIZIONE	
2	PERNO DI CERNIERA "D"
3	CAPIA "D"
4	BRASS CAP "D"
5	BRACCIO PORTANTE "D"
6	BRACCIO PORTANTE "D"
7	BRACCIO PORTANTE "D"
8	BRACCIO PORTANTE "D"
9	BRACCIO PORTANTE "D"
10	BRACCIO PORTANTE "D"
11	BRACCIO PORTANTE "D"
12	BRACCIO PORTANTE "D"
13	BRACCIO PORTANTE "D"
14	BRACCIO PORTANTE "D"
15	BRACCIO PORTANTE "D"
16	BRACCIO PORTANTE "D"
17	BRACCIO PORTANTE "D"
18	BRACCIO PORTANTE "D"

\* supplied only for Exec. T1 (on request)  
 \* Fornito solo per exec. T1



\*\* Other sizes on demand  
 \*\* Altre misure a richiesta

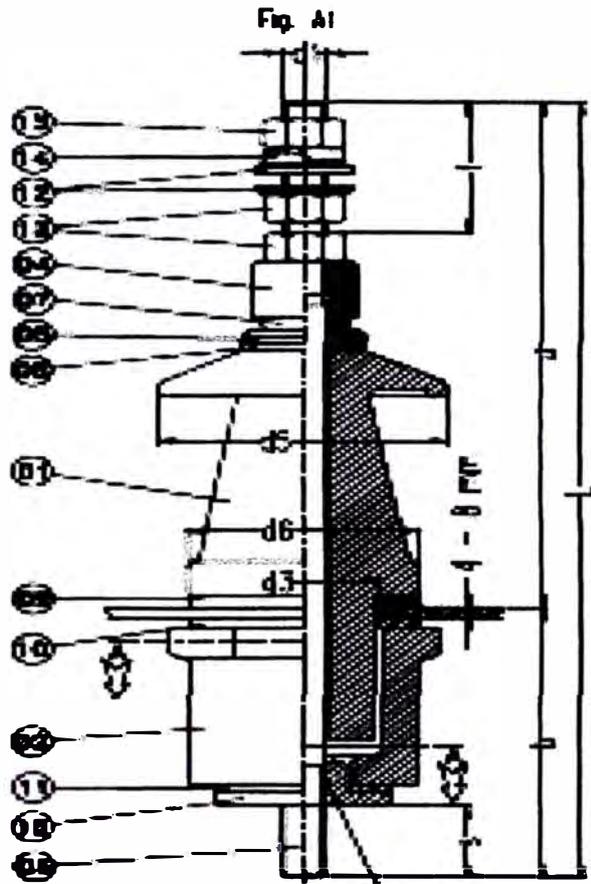
n° 8 preferential di Tipo 100055  
 in acciaio su Ø140 con (con "orini")  
 n° 8 foring studs made in steel  
 Ø10x65 Ball cap. 140 mm  
 (not supplied with the kit)

**Note:**  
 Arcing horns upon request  
 Scaricatori a richiesta  
 Z N° of sheds  
 Z N° alette

LA FIGURA MOSTRA ISOLATORE 24/630 P2 IN SCALA 1:4

THE FIGURE SHOWS THE INSULATOR 24/630 P2 (1:4 SCALE)

Isolatore Bushings	Tensione Voltage KV	Corrente Current A	Lunghezza polsare e linea di fuga var. Pollution level and arcing distance				Porcellana / Porcelain		L4 mm	L5 mm	L6 mm	d4 mm	d5 mm	L3 mm	L7 mm	L8 mm	Massa Kg	Z
			A	B	C	D	Tipo Type	Linea fuga Creepage distance mm										
17-630/P2	17	630	182	240	300	372	E	315	190	235	360	90	85	155	503	81	153	2
19-630/P2	19	630	384	480		372	F	400	205	335	440	90	85	170	503	81	153	3
24-630/P2	24	630	578	720	850	744	G	760	375	475	540	100	85	180	683	83	153	5



Pos	Qty	Descrizione/Description
1	1	Porc. Sup. A / Top porcelain A
2	1	Porc. inf. B / Bottom porcelain B
3	1	Tirante / Stern
4	1	Wafer Sup. E / Brass washer E
5	1	Wafer inf. U / Brass washer U
7	1	Guarn. Tor. / Ring gasket
8	1	Guarn. Piano / Plain gasket
9	1	Guarn. Flangia / Flange gasket
10	1	Guarn. Interna / Internal gasket
11	1	Guarn. Interna / Internal gasket
12	2	Wafer OT / Brass contact washer
13	2/4	Wafer OT / Brass contact washer
14	1	Mandella molla / Spring washer
15	1	Chiusura / Brass closing piece
17	2	Wafer OT / Brass contact washer
18	1	Wafer a corno / Horn washer

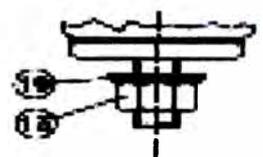
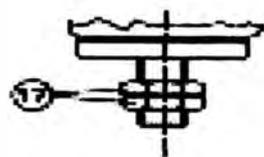
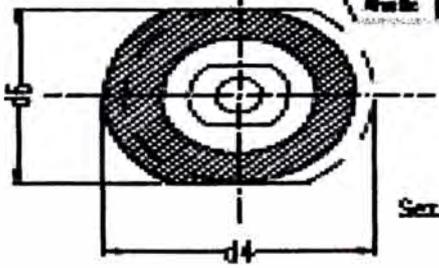


Fig. A2

Fig. E1

Alleg. pos.16 + Stern pos.3 (con elementi con la testata)  
 Wafer pos.15 + Wafer pos.3 (con elementi con la testata)



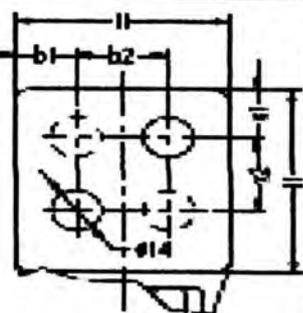
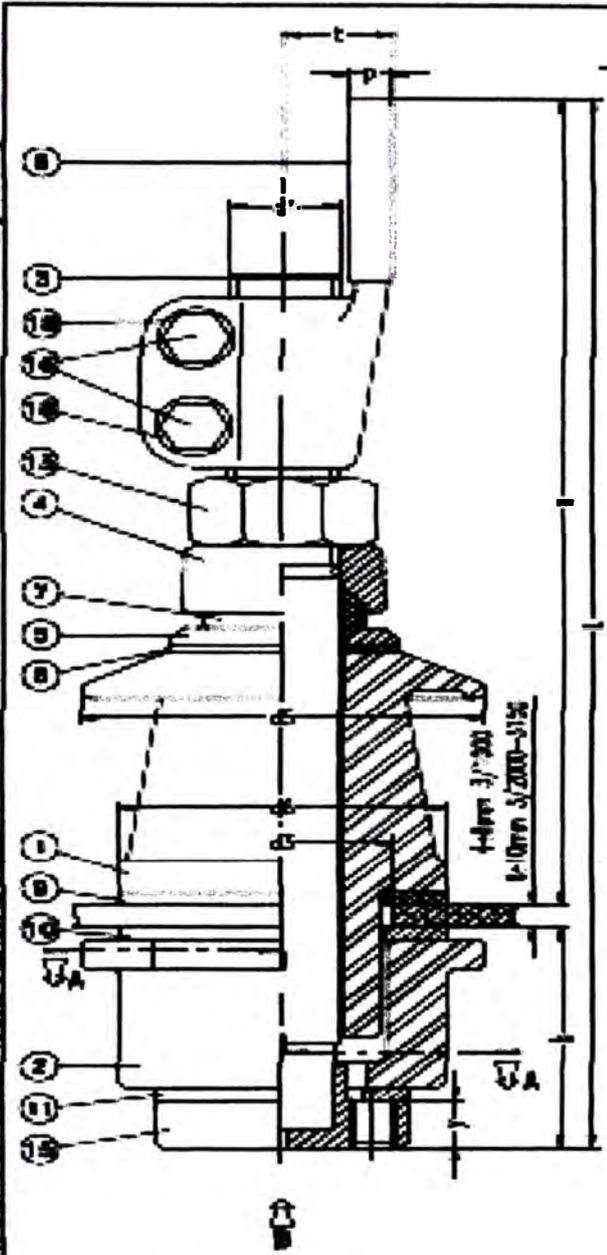
LA FILIA MESTRE DELVORE 3/258 IN SCALA 1:2

SEE PAGES 1000 FOR DIMENSIONS (IN MILLIMETERS)

Isolatore Bushing	Tensione Voltage KV	Corrente Current A	Linea di linea Clearance distance	d	b	r	L	a	d0	d3	d4	d5	d6	Peso Weight Kg	Volume Volume dm <sup>3</sup>	Materiale Material
3/250	3.6	250	120	150	92	50	272	25	M12	39	70	75	80	1.0	2.7	ottone / Brass
3/630	3.6	630	120	210	108	85	318	37	M20	45	85	90	70	2.5	4.5	rame / Copper

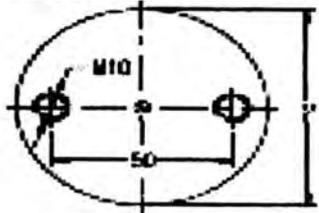


ISOLATORI PASSANTI PER TRASFORMATORI DIN 42539  
 TENSIONE NOMINALE 3.6kV CORRENTE NOMINALE 250-630A  
 Outdoor transformer bushings DIN 42539  
 Rated voltage 3.6kV Rated current 250-630A

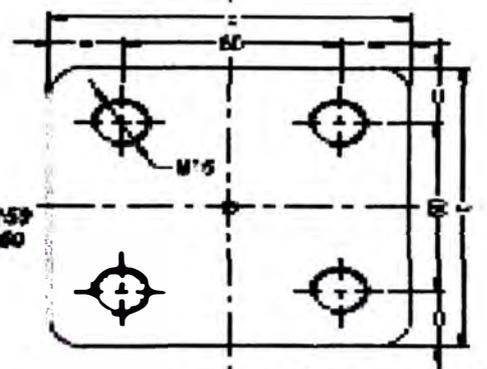


Part No.	Description/Description
1	Part. Sup. 1 / top porcelain 1
2	Part. Int. 2 / bottom porcelain 2
3	Tringolo/Triam
4	Part. Sup. 2 / brass washer 1
5	Part. Int. 3 / brass washer 2
6	Mandriale/Brass Ring
7	Guarn. For./Ring gasket 2
8	Guarn. Piana/Plain gasket 2
9	Guarn. Flange/Flange gasket 2
10	Guarn. Interna/Internal gasket 2
11	Guarn. Interna/Internal gasket 2
12	Osso di Mando/Brass nut PMSA
13	Chiusa/Brass closing plate
14	Vite Una 3/20/Una Due 4/20
15	Rondella/Washer

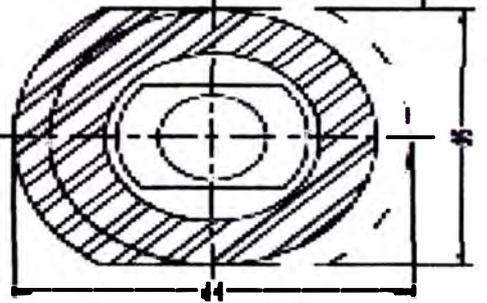
VISTA B  
Isolatori 3/1000  
Busling 3/1000



VISTA B  
Isolatori 3/2000-3150  
Busling 3/2000-3150



Sez. A-A



Le Dimensioni sono in millimetri (mm) e fra parentesi in pollici (in)

dim. in mm

per altre misure per gli altri tipi di busling

Isolatore Busling	Tensione Voltage kV	Corrente Current A	Linea di forza Creepage distance	a	b	c	p	t	L	p	d1	d3	d4	d5	d6	d7	d8	b1	b2	h	massa Kg	Volume Volume dm <sup>3</sup>	Area Area dm <sup>2</sup>
3/1000	3.6	1250	125	260	80	30	17	28	338	10	M30x2	58	110	110	60	17	28	17	28	85	8	8	2
3/2000	3.6	2000	125	370	90	100	22	40	483	15	M42x3	72	125	125	134	20	40	25	50	100	13	15	4
3/3150	3.6	2150	125	400	95	110	27	45	485	15	M48x3	85	150	145	125	20	40	30	60	120	16	20	4

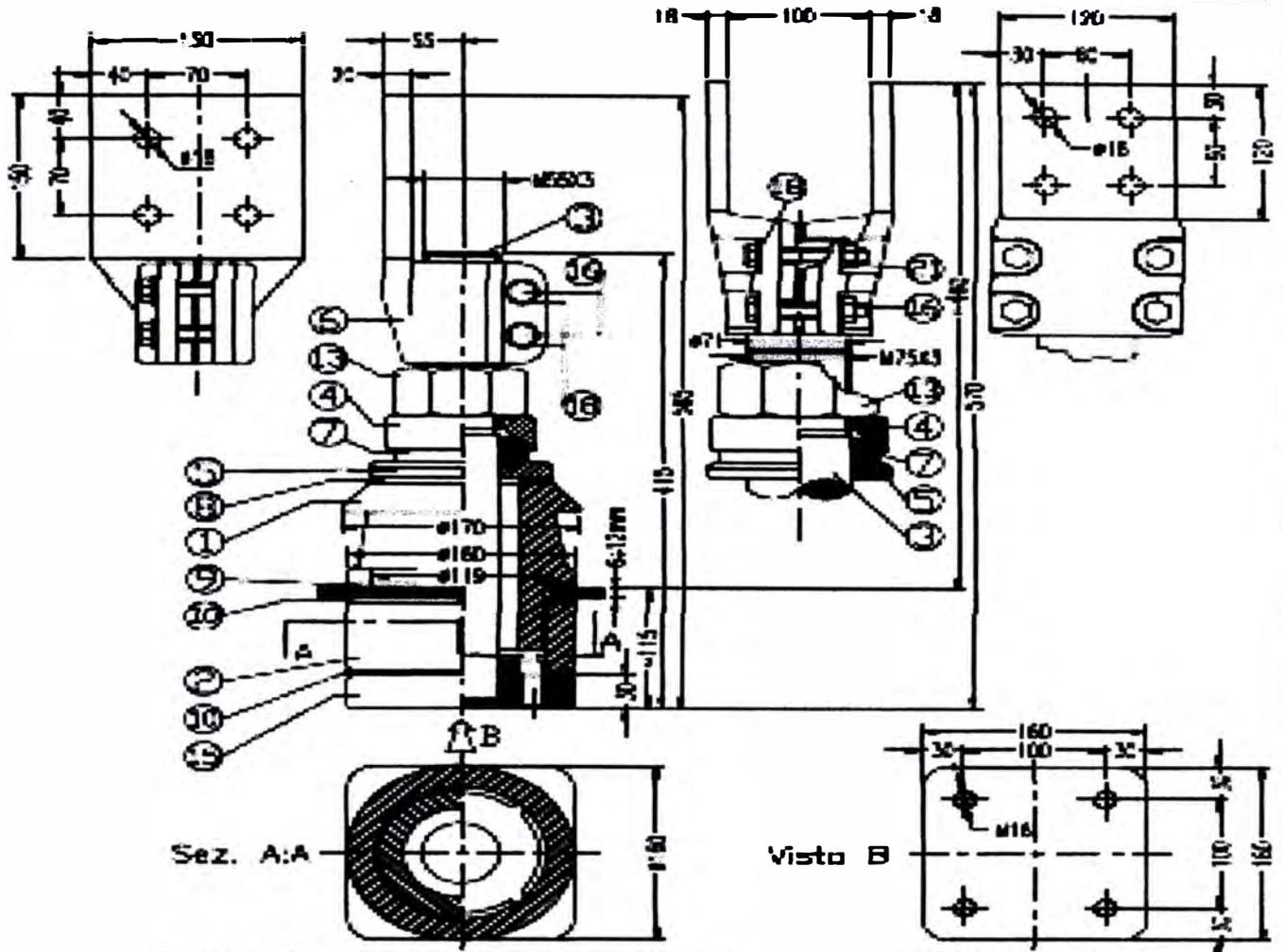


**ISOLATORI PASSANTI PER TRASFORMATORI D/N 42538**  
**TENSIONE NOMINALE 3.6kV CORRENTE NOMINALE 1000-2000-3150A**  
*Outdoor transformer bushings D/N 42538*  
**Rated voltage 3.6kV Rated current 1000-2000-3150A**

Type 3B7/4500A

Type 3B7/6300A

1.10



Pos	Qty	Descrizione/Description	Pos	Qty	Descrizione/Description
1	1	Porc. Sup. "A"/Top porcelain "A"	9	1	Guarn. Forgia/Flange gasket
2	1	Porc. Inf. "B"/Bottom porcelain "B"	10	2	Guarn. Interna/Internal gasket
3	1	Tronete/Stem	13	1	Dado UN5588/Brass nut UN5588
4	1	Tronete Sup. T'/Brass washer T'	15	1	Chiodo/Brass cladding piece
5	1	Tronete Inf. T"/Brass washer T"	16	2/4	Vite UNE 5735/Bolt UN 5735
6	1	Banderuola/Brass flap	18	2/8	Rondella/Washer
7	1	Guarn. Tor./Ring gasket "J"	21	0/4	Dado UN5588/Nut UN5588
8	1	Guarn. Piana/Plain gasket			

Isolatore Bushings	Tensione Voltage Kv	Corrente Current A	Linea di fuga Creepage Distance	Peso Weight Kg	Volume Volume dm <sup>3</sup>
3/4500	3	4500	130	32	30
3/6300	3	6300	130	38	35

LA FORMA NOSTRA ISOLATORE 3/6300-6300 B SOLA 1:1

dim. in mm

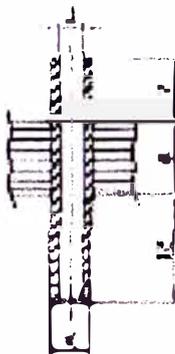
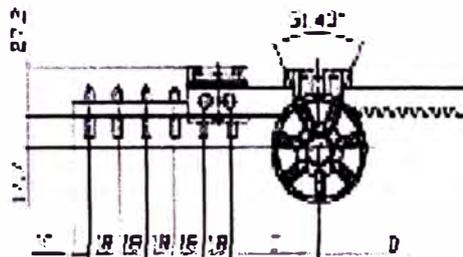
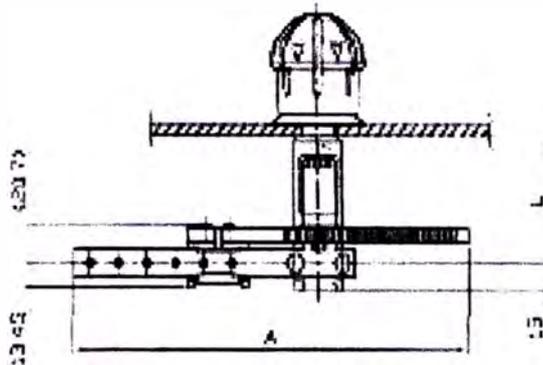
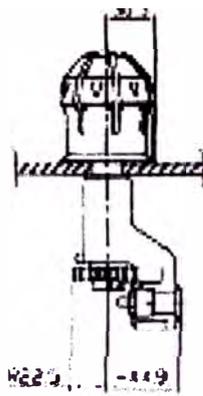
THE FORM OURS ISOLATOR 3/6300-6300 B ONLY 1:1



ISOLATORI PASSANTI PER TRASFORMATORI  
TENSIONE NOMINALE 3.6KV

Outdoor transformer bushings  
Rated voltage 3.6kV

Appendice VII-e

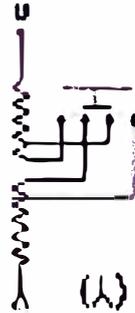
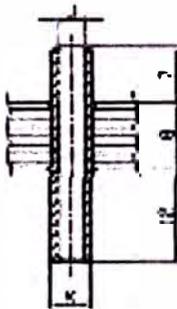
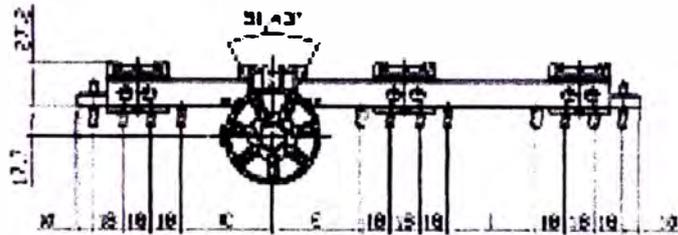
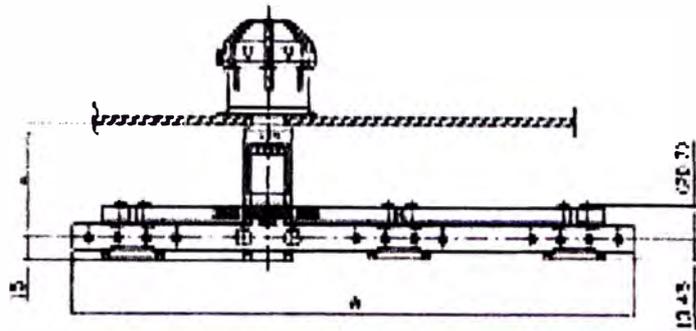
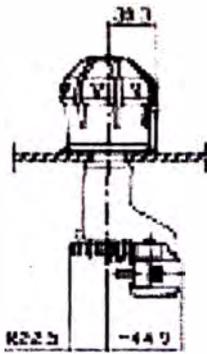


n. pos.	D
3	59
4	77
5	95
6	113
7	131

	20 kV	30 kV
C	55	60

L	Materiale di costruzione o designazione numero di catalogo partenza Numero della posizione di serie di apparecchio Scheda file allegato	20 kV			30 kV				
		A	Codice rappresentativo Apparato code Codice apparecchio Gerätenummer			A	Codice rappresentativo Apparato code Codice apparecchio Gerätenummer		
			10 A J-2 T K-4	30 A J-3 T K-5	60 A J-5 T K-7		10 A J-2 T K-4	30 A J-3 T K-5	60 A J-5 T K-7
70	3	178	02.07.213	02.07.233	02.07.263	203	02.07.313	02.07.333	02.07.363
	4	214	02.07.214	02.07.234	02.07.264	239	02.07.314	02.07.334	02.07.364
	5	250	02.07.215	02.07.235	02.07.265	275	02.07.315	02.07.335	02.07.365
	6	286	02.07.216	02.07.236	02.07.266	311	02.07.316	02.07.336	02.07.366
	7	322	02.07.217	02.07.237	02.07.267	347	02.07.317	02.07.337	02.07.367

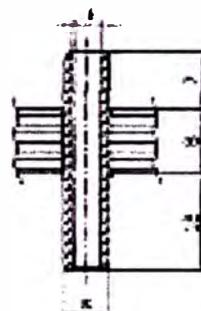
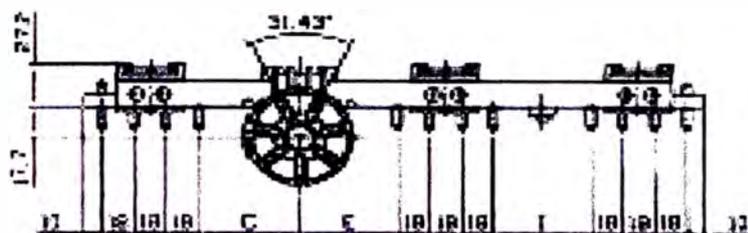
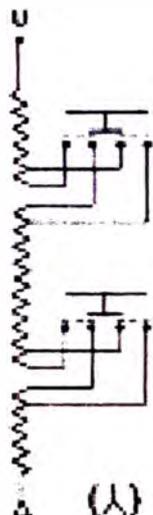
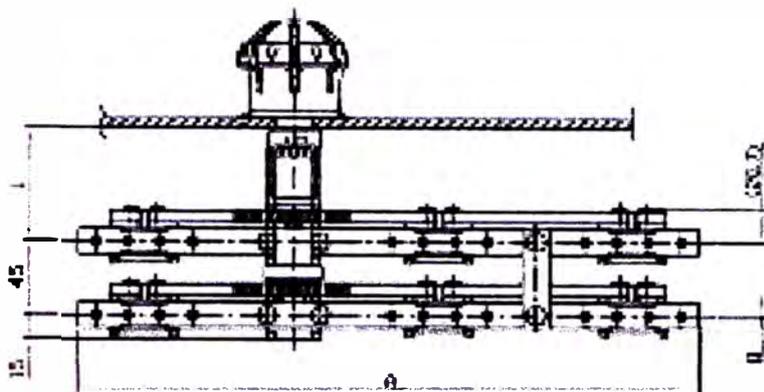
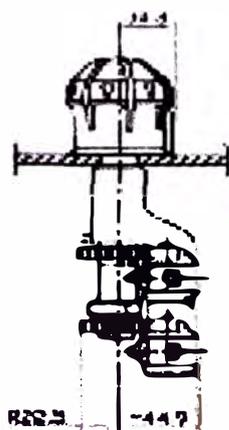
Apendice VIII-a



	20 kV	30 kV
C	55	80
E	55	80
I	55	80

L	Numero della posizione di montaggio Materiale fornito per la Montaggio di una stazione di lavoro Accessori Standardizzati	20 kV Codice equivalente Apparato code Código equivalente Gerätebezeichnung			30 kV Codice equivalente Apparato code Código equivalente Gerätebezeichnung				
		A	10 A	50 A	80 A	A	10 A	50 A	80 A
			J-21 K-4	J-31 K-5	J-51 K-7		J-21 K-4	J-31 K-5	J-51 K-7
70	3	347	04.07.213	04.07.233	04.07.263	422	04.07.313	04.07.333	04.07.363
	4	401	04.07.214	04.07.234	04.07.264	478	04.07.314	04.07.334	04.07.364
	5	455	04.07.215	04.07.235	04.07.265	530	04.07.315	04.07.335	04.07.365
	6	509	04.07.216	04.07.236	04.07.266	584	04.07.316	04.07.336	04.07.366
	7	563	04.07.217	04.07.237	04.07.267	638	04.07.317	04.07.337	04.07.367

Appendice VII-b



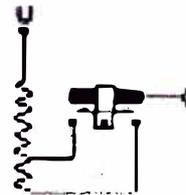
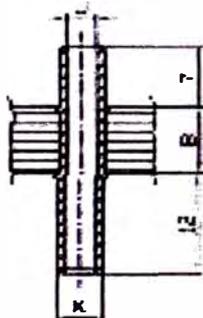
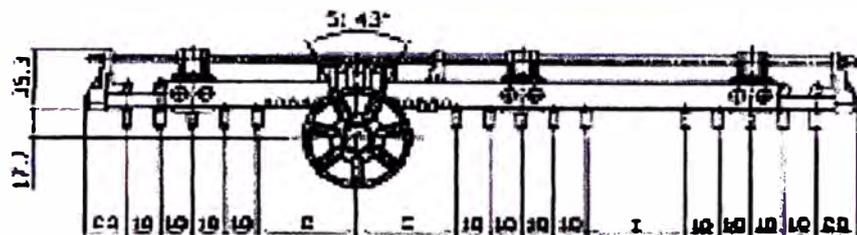
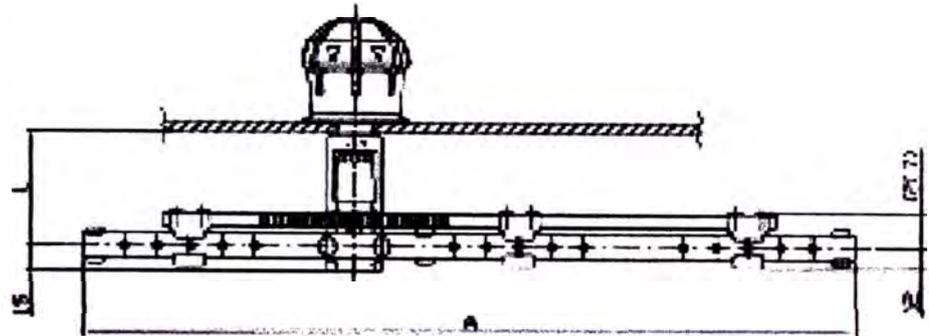
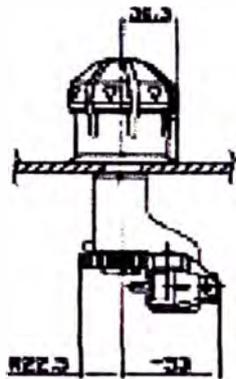
	20 kV	30 kV
C	55	80
E	55	80
I	55	80

L	Numero delle posizioni di collegamento Number of connecting positions Nombre de points de connexion Anzahl der Anschlussstellen	20 kV			30 kV				
		A	Codice apparecchio Appliance code Code appareil Gerätekennmer			A	Codice apparecchio Appliance code Code appareil Gerätekennmer		
			10 A	36 A	60 A		10 A	36 A	60 A
		J=21 K=4	J=51 K=5	J=51 K=7			J=21 K=4	J=51 K=5	J=51 K=7
70	3	347	13.07.213	13.07.233	13.07.263	422	13.07.313	13.07.333	13.07.363
	4	401	13.07.214	13.07.234	13.07.264	476	13.07.314	13.07.334	13.07.364
	5	455	13.07.215	13.07.235	13.07.265	530	13.07.315	13.07.335	13.07.365
	6	509	13.07.216	13.07.236	13.07.266	584	13.07.316	13.07.336	13.07.366
	7	563	13.07.217	13.07.237	13.07.267	638	13.07.317	13.07.337	13.07.367

L=00 richiesta		L=50 (20 kV)
L=10 no request		L=100
L=15 a richiesta		L=130
L=18 nach Wunsch		L=150
		L=180
		L=200

Appendice VII-c



	20 kV	30 kV
C	55	80
E	55	80
I	55	80

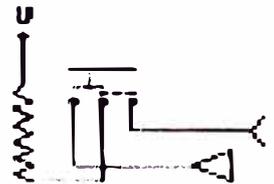
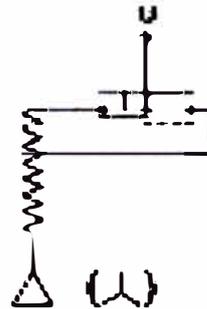
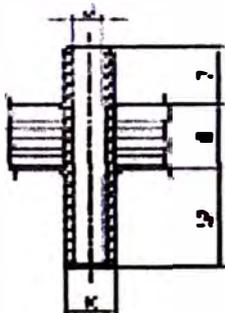
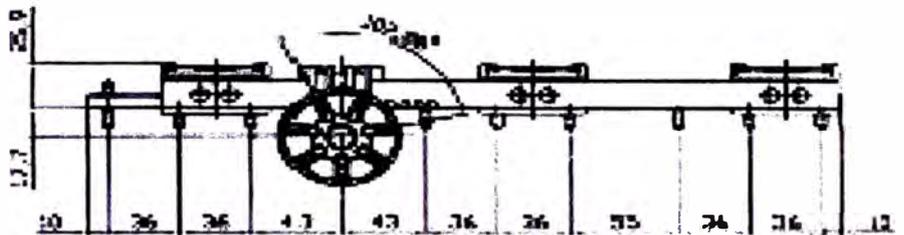
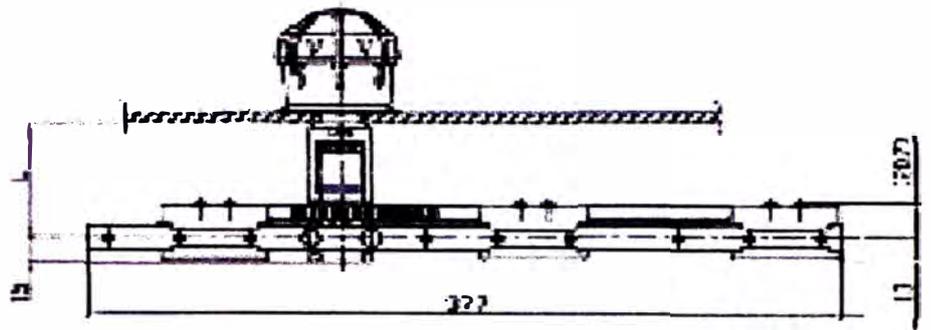
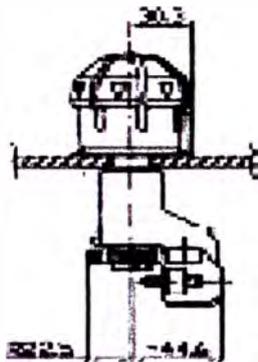
L	Número de bobinas à refrigerante Number of connecting passages Número de conexões de conexão Anzahl der Schaltstellungen	20 kV			30 kV				
		A	Codigo aparelho Appliance code Codigo aparelho Gerätenummer			A	Codigo aparelho Appliance code Codigo aparelho Gerätenummer		
			10 A J=2,1 K=4	30 A J=3,1 K=5	60 A J=5,1 K=7		10 A J=2,1 K=4	30 A J=3,1 K=5	60 A J=5,1 K=7
70	3 4 5 6 7	319 373 427 481 535	05.07.213 05.07.214 05.07.215 05.07.216 05.07.217	05.07.233 05.07.234 05.07.235 05.07.236 05.07.237	05.07.263 05.07.264 05.07.265 05.07.266 05.07.267	424 478 532 586 640	05.07.313 05.07.314 05.07.315 05.07.316 05.07.317	05.07.333 05.07.334 05.07.335 05.07.336 05.07.337	05.07.363 05.07.364 05.07.365 05.07.366 05.07.367

L su richiesta  
L on request  
L a solicitude  
L nach Wunsch

05.07.213

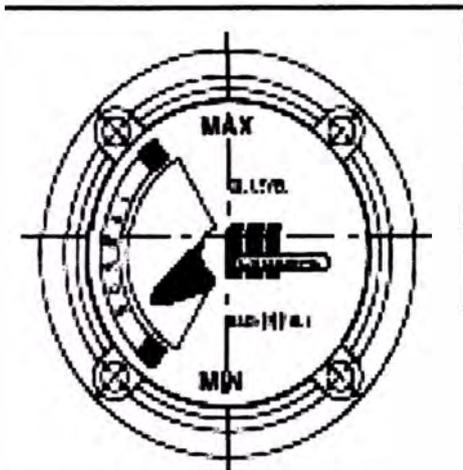
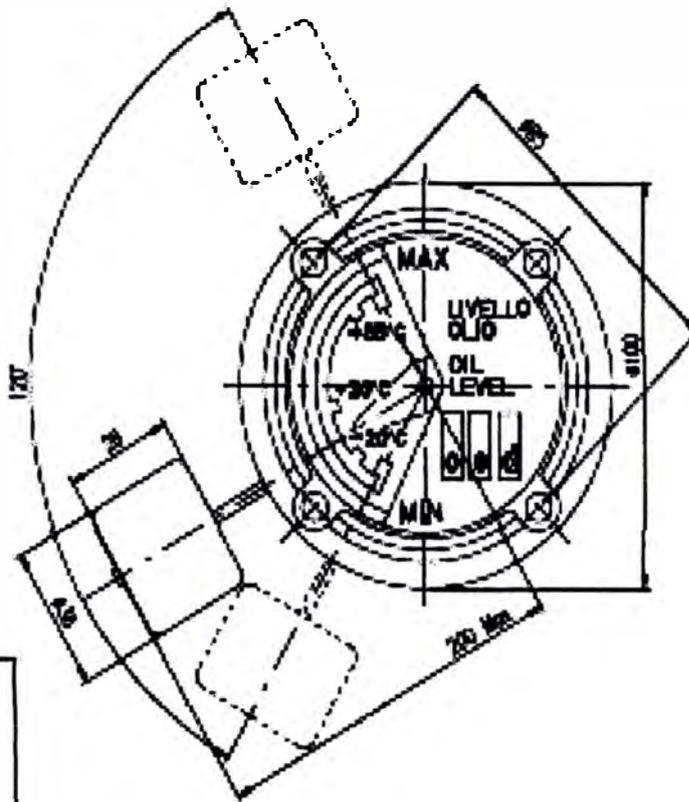
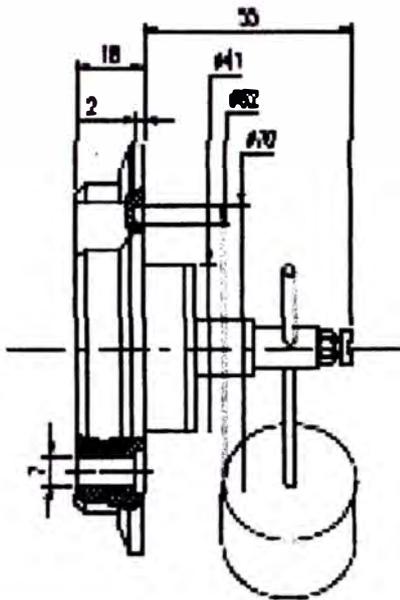
.05.	→	L=50 (20 kV)
.10.	→	L=100
.13.	→	L=130
.15.	→	L=150
.18.	→	L=180
.20.	→	L=200

Appendice VIII-d



L	Kodra dela izdelka o označitev Kodra izdelka problema Kodra dela izdelka o označitev Atlas der karakteristike	20 kV																			
		Codra aparatov Appliance code Codigo aparato Codtenummer																			
		30 A	60 A																		
		J=3,1 K=5	J=5,1 K=7																		
70	2	43.07.232	43.07.262																		
L su richiesta L on request L a solicitud L nach Wunsch		43.07.232	<table border="1"> <tr> <td>.05</td> <td></td> <td>L=50</td> </tr> <tr> <td>.10</td> <td></td> <td>L=100</td> </tr> <tr> <td>.13</td> <td></td> <td>L=130</td> </tr> <tr> <td>.15</td> <td></td> <td>L=150</td> </tr> <tr> <td>.18</td> <td></td> <td>L=180</td> </tr> <tr> <td>.20</td> <td></td> <td>L=200</td> </tr> </table>	.05		L=50	.10		L=100	.13		L=130	.15		L=150	.18		L=180	.20		L=200
.05		L=50																			
.10		L=100																			
.13		L=130																			
.15		L=150																			
.18		L=180																			
.20		L=200																			

Appendice VIII-e

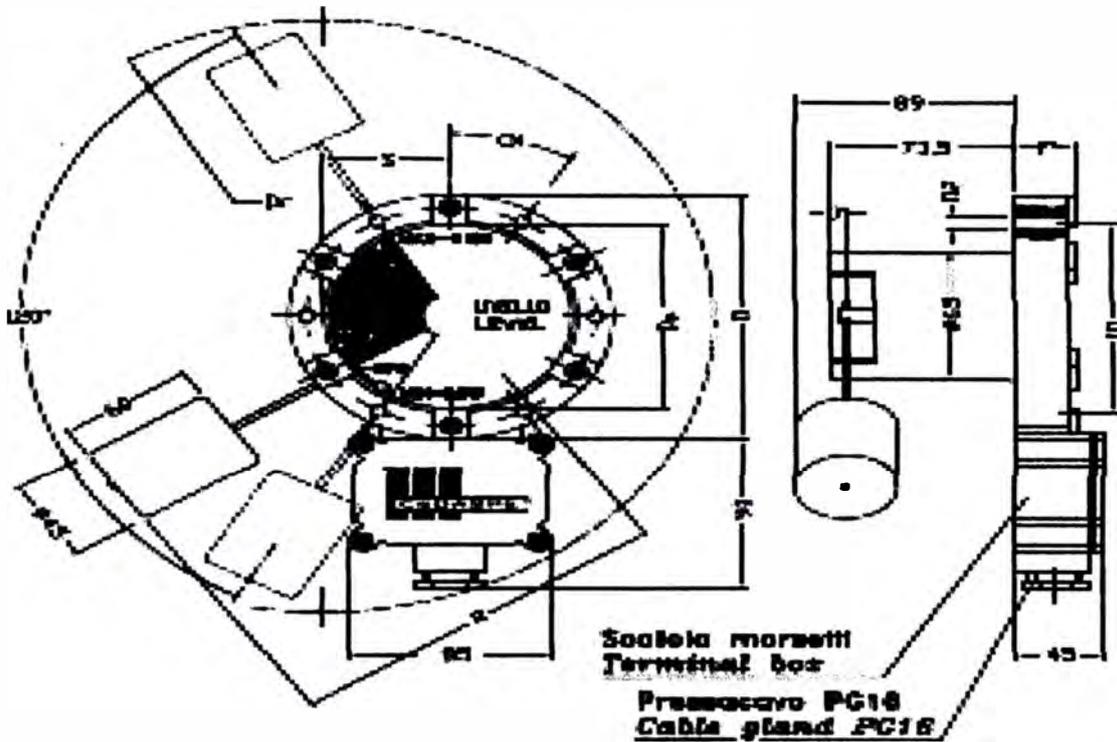


Tipo IML 99 - quadrante standard  
 Type IML 99 - standard dial for conservator mounting

Tipo IML 99 NML - quadrante speciale per parete  
 Type IML 99 NML - special dial for side wall mounting



**Indicatori magnetici di livello olio senza contatti elettrici**  
**Magnetic oil level gauges without electric contacts**



- Z: N° Fori D2 su flangia
- Z: N° Holes D2 on flange
- Dc: Diametro conservatore
- Dc: Conservator diameter
- R: Braccio galleggiante =  $1.15 \left( \frac{Dc}{2} - 45 \right)$
- R: Arm length
- K: Foro per montaggio su conservatore =  $70 \pm 1 \text{ mm}$
- K: Mounting hole on the conservator
- S: Spaziamento da centro conservatore =  $0.577 \left( \frac{Dc}{2} - 45 \right)$
- S: Distance between conservator/gauge centers

Tipo/Type	Dn	C	D1	D2	α	Z	F	Dc mm
IMLO R 100	65	100	85	7	45	4	22	400
IMLO R 140	100	140	125	7	30	6	22	400
IMLO R 220	150	220	190	12	22.5	8	26	1000
IMLO R 345	265	345	315	14	22.5	8	26	3000

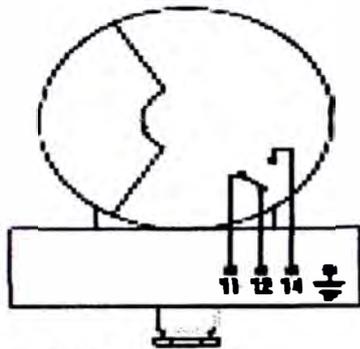
dim in mm.



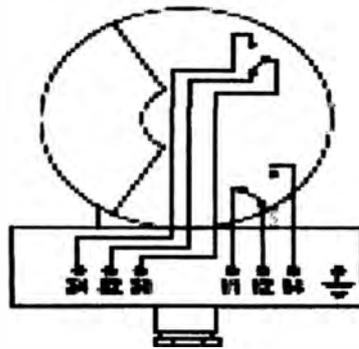
Indicatori magnetici di livello olio radiali (forma R)  
 Radial magnetic oil level gauges (form R)

Wiring diagram & terminal box connection

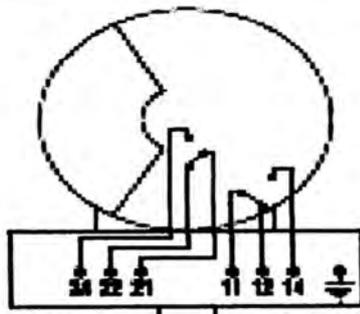
5.29.D



FM (Min. coast)

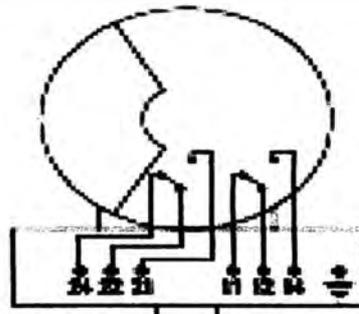


FGM (Min & Max coast)



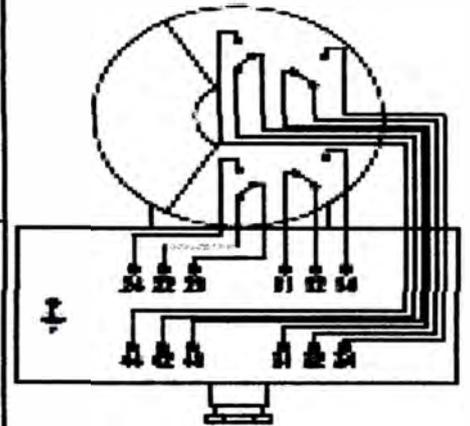
DIFFER. COIL. MIN. + TRIP COIL. MAX.

FFM-A (Min. oil + Trip coast)  
(Coil. A1 + Signal)



DIFFER. COIL. MIN. + TRIP COIL. MAX.

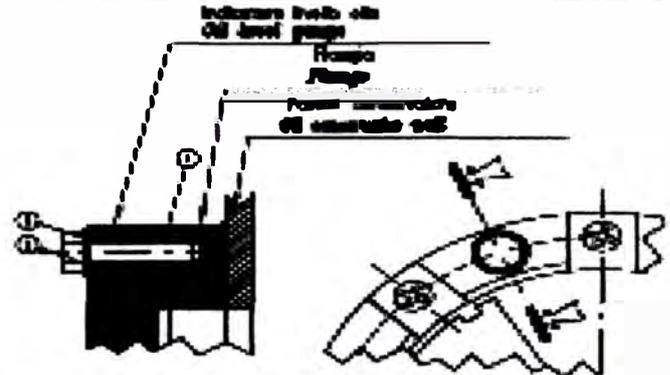
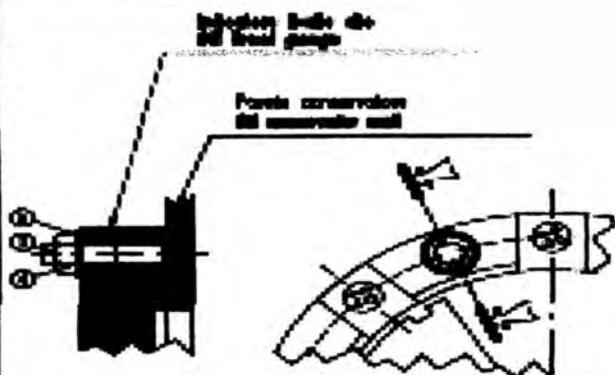
FFM-S (Standard)  
(Standard)



DIFFER. COIL. MIN. + TRIP COIL. MAX.  
Signal coil + Trip coil

FFG-M

Mounting sketch

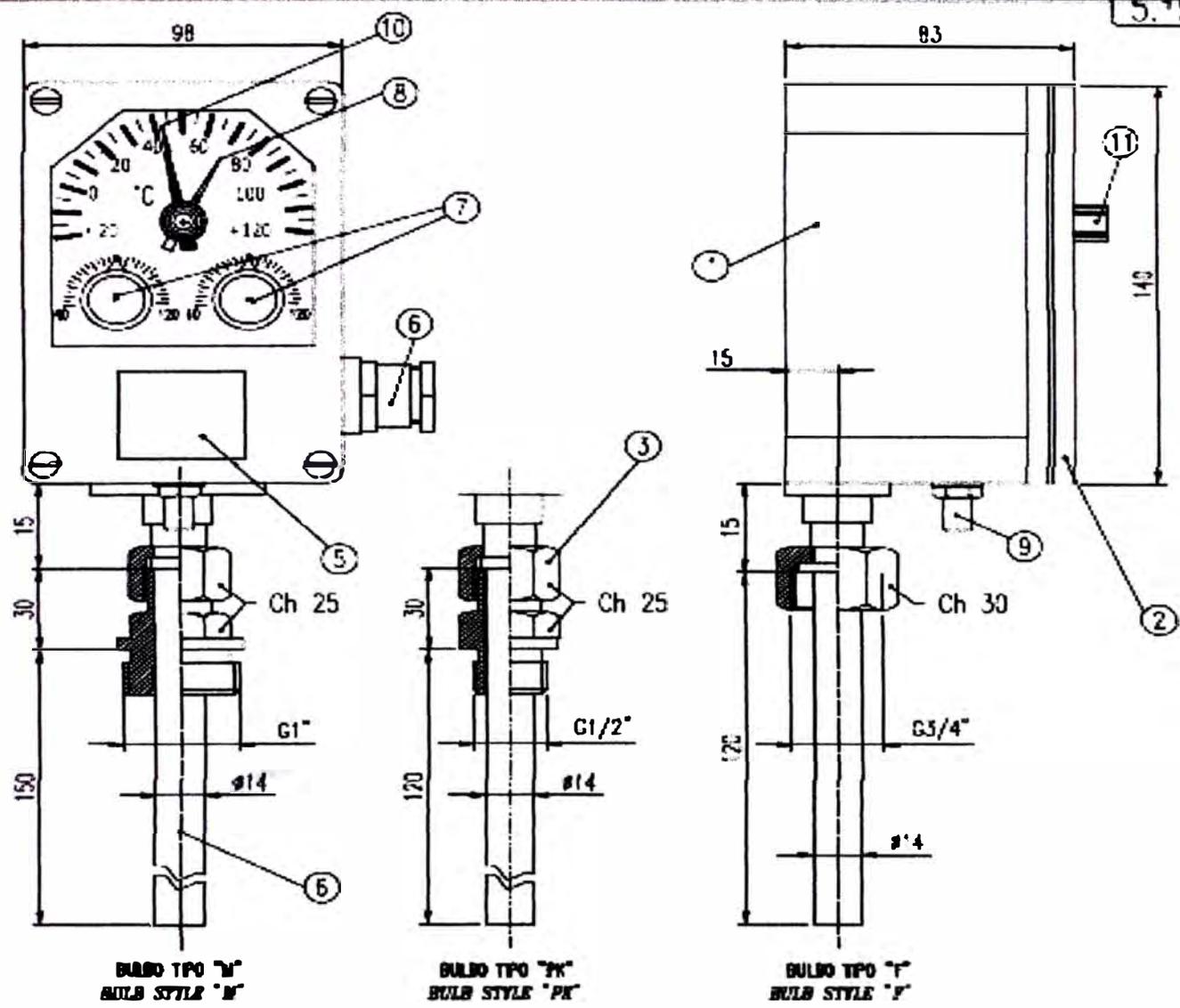


1	INDICAZIONE MIN.	INDICAZIONE MAX.	INDICAZIONE TRIP
2	INDICAZIONE MIN.	INDICAZIONE MAX.	INDICAZIONE TRIP
3	INDICAZIONE MIN.	INDICAZIONE MAX.	INDICAZIONE TRIP
4	INDICAZIONE MIN.	INDICAZIONE MAX.	INDICAZIONE TRIP
5	INDICAZIONE MIN.	INDICAZIONE MAX.	INDICAZIONE TRIP
6	INDICAZIONE MIN.	INDICAZIONE MAX.	INDICAZIONE TRIP
7	INDICAZIONE MIN.	INDICAZIONE MAX.	INDICAZIONE TRIP
8	INDICAZIONE MIN.	INDICAZIONE MAX.	INDICAZIONE TRIP
9	INDICAZIONE MIN.	INDICAZIONE MAX.	INDICAZIONE TRIP
10	INDICAZIONE MIN.	INDICAZIONE MAX.	INDICAZIONE TRIP

1	INDICAZIONE MIN.	INDICAZIONE MAX.	INDICAZIONE TRIP
2	INDICAZIONE MIN.	INDICAZIONE MAX.	INDICAZIONE TRIP
3	INDICAZIONE MIN.	INDICAZIONE MAX.	INDICAZIONE TRIP
4	INDICAZIONE MIN.	INDICAZIONE MAX.	INDICAZIONE TRIP
5	INDICAZIONE MIN.	INDICAZIONE MAX.	INDICAZIONE TRIP
6	INDICAZIONE MIN.	INDICAZIONE MAX.	INDICAZIONE TRIP
7	INDICAZIONE MIN.	INDICAZIONE MAX.	INDICAZIONE TRIP
8	INDICAZIONE MIN.	INDICAZIONE MAX.	INDICAZIONE TRIP
9	INDICAZIONE MIN.	INDICAZIONE MAX.	INDICAZIONE TRIP
10	INDICAZIONE MIN.	INDICAZIONE MAX.	INDICAZIONE TRIP

CEDASPE

Indicatori magnetici di livello IMLO  
Magnetic oil level gauges IMLO

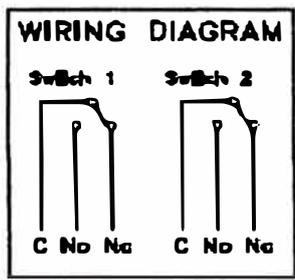


BULBO TIPO "M"  
BULB STYLE "M"

BULBO TIPO "PK"  
BULB STYLE "PK"

BULBO TIPO "F"  
BULB STYLE "F"

Pos	Descrizione / Description
1	CASSA ALLUMINIO ALUMINIUM HOUSING
2	COPERCHIO COVER
3	NIPPLO CONNECTION
4	BULBO BULB
5	TARDA DATI DATA PLATE
6	PRESACCAVO CABLE CLAMP
7	REGOLAZIONE CONTATTI CONTACTS SETTING KNIB
8	INDICE DI MASSIMA MAX POINTER
9	AREATORE BREATHING DEVICE
10	INDICE TEMPERATURA OLIO OIL TEMPERATURE POINTER

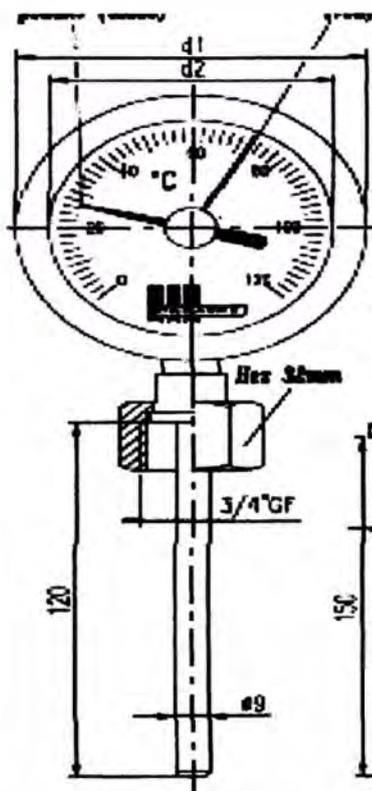


CARATTERISTICHE DEI MICROINTERRUTTORI:	
TENSIONE NOMINALE:	250 V ca/c.c.
CORRENTE NOMINALE:	3 A ca.(50Hz)
	0.25 A c.c.(250 V)
	0.50 A c.c.(125 V)

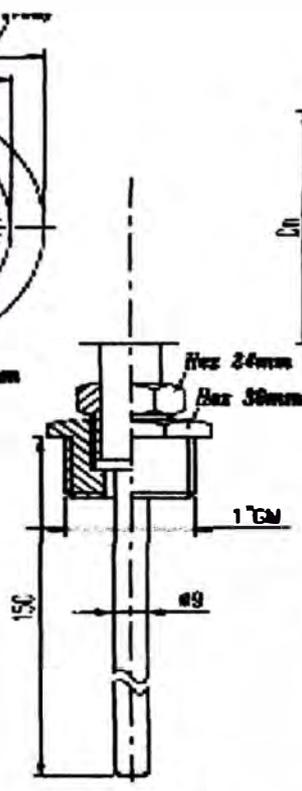
  

MICROSWITCHES CHARACTERISTICS:	
RATED VOLTAGE:	250 V a.c./d.c.
RATED CURRENT:	3 A a.c.(50Hz)
	0.25 A d.c.(250 V)
	0.50 A d.c.(125 V)

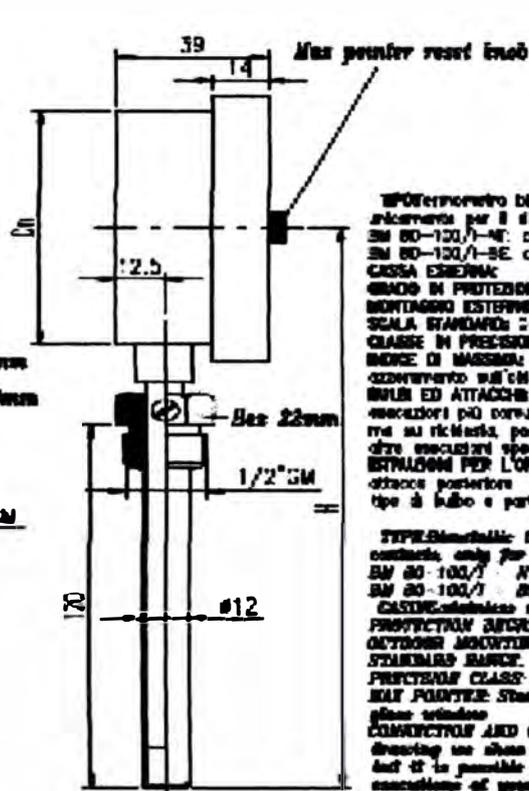
Apéndice X-a



BULBO TIPO "F"  
BULB STYLE "F"



BULBO TIPO "M"  
BULB STYLE "M"



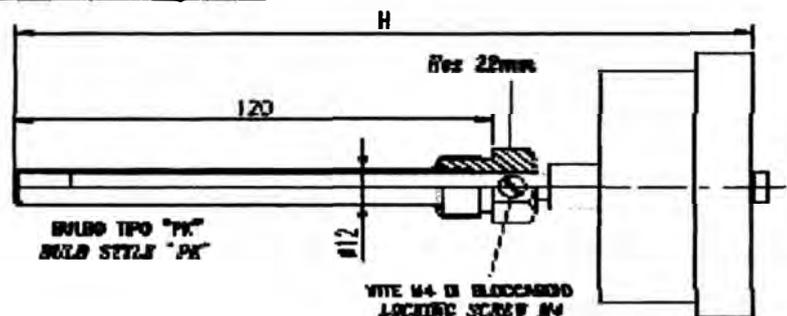
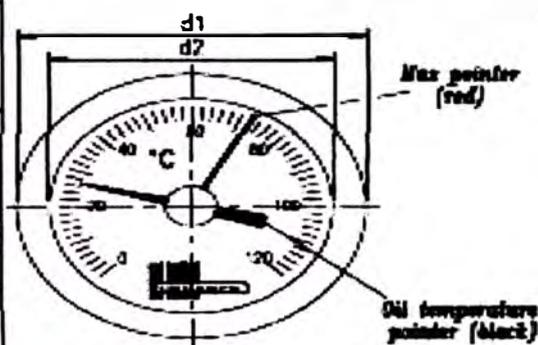
BULBO TIPO "PK"  
BULB STYLE "PK"

Termometro bimetallico senza contatti elettrici, adoperato per il rilevamento della temperatura.  
 BM 80-100/1-NT: con bulbo radiale rigido  
 BM 80-100/1-BE: con bulbo rigido posteriore  
 CASSA ESTERNA: in acciaio inox  
 GRADO DI PROTEZIONE: IP 55  
 MONTAGGIO ESTERNO: Consueto  
 SCALA STANDARD: 0...120°C  
 CLASSE DI PRECISIONE: ±2%  
 INDICE DI MASSIMA Standard, con vite di azzeramento sull'ago  
 BULBI ED ATTACCHI: le figure indicano le accessori più comuni, ma su richiesta, possono essere forniti altri accessori speciali  
 STRUTTURE PER L'ORDINE: Tipo radiale o con attacco posteriore  
 tipo di bulbo e parte reversa in olio.

TYPE: Bimetallic thermometer without electric contacts, only for temperature indication.  
 BM 80-100/1-NT: with radial rigid stem  
 BM 80-100/1-BE: with back entry rigid stem  
 CASE: stainless steel housing  
 PROTECTION: ACCRUE IP 55  
 OUTDOOR MOUNTING: allowed  
 STANDARD RANGE: 0...120°C  
 PRECISION CLASS: ±2%  
 MAX POINTER Standard, with reset screw on the glass window  
 CONNECTION AND GR. OPPOSED PART: on the drawing we show the most commonly used styles, but if it is possible to supply other special connections of your request  
 ORDER DESCRIPTION: radial or back entry type, connection and all part style.

	TIPO / Type	Dn	d1	d2	H	FIG. BULBO	Cod.	
BULBO RADIALE RADIAL STYLE	BM 80/1 - NT	80	90	75	185	4	TEBMB0FMD	
		80	90	75	225	4	TEBMB0MMD	
		80	90	75	190	4	PK	TEBMB0PKMD
BULBO POSTERIORE BACK ENTRY STYLE	BM 100/1 - NT	100	114	85	245	4	TEBMB0ADMD	
		BM 80/1 - BE	80	90	75	190	5	PK
	BM 100/1 - BE	100	114	85	190	5	PK	TEBMB0BMD

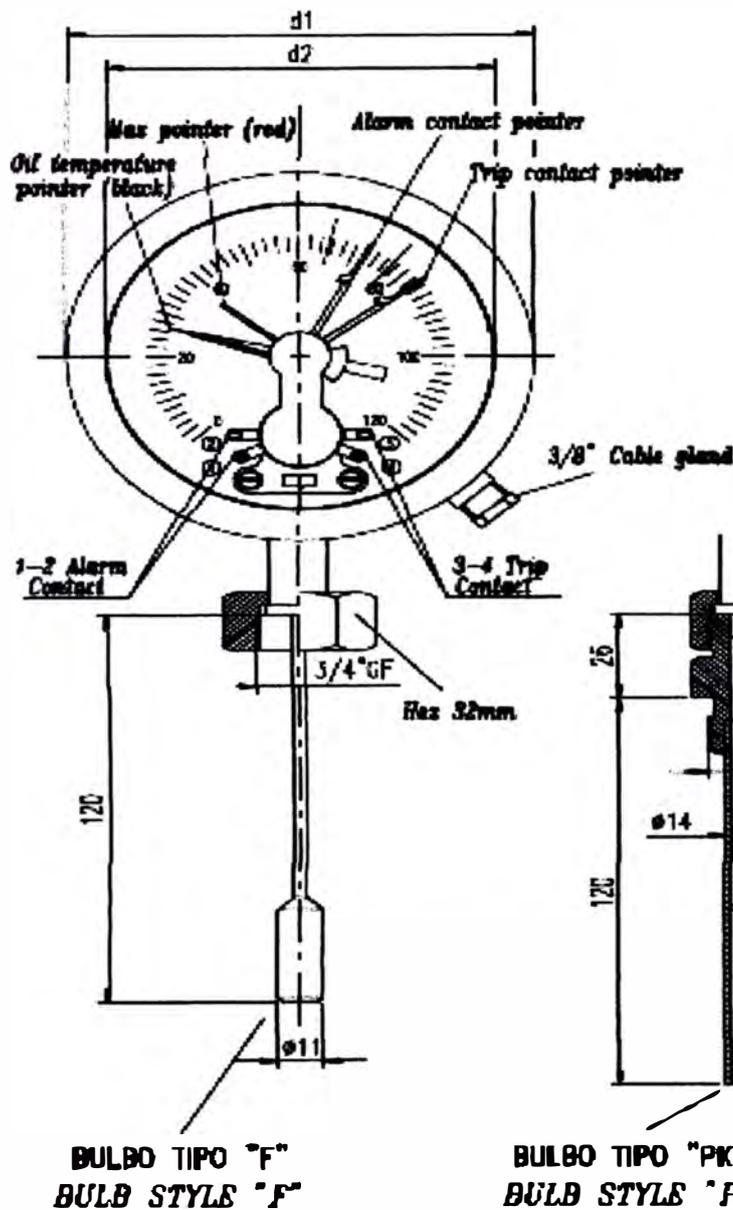
Fig. 5 - BM 80-100/1 - BE



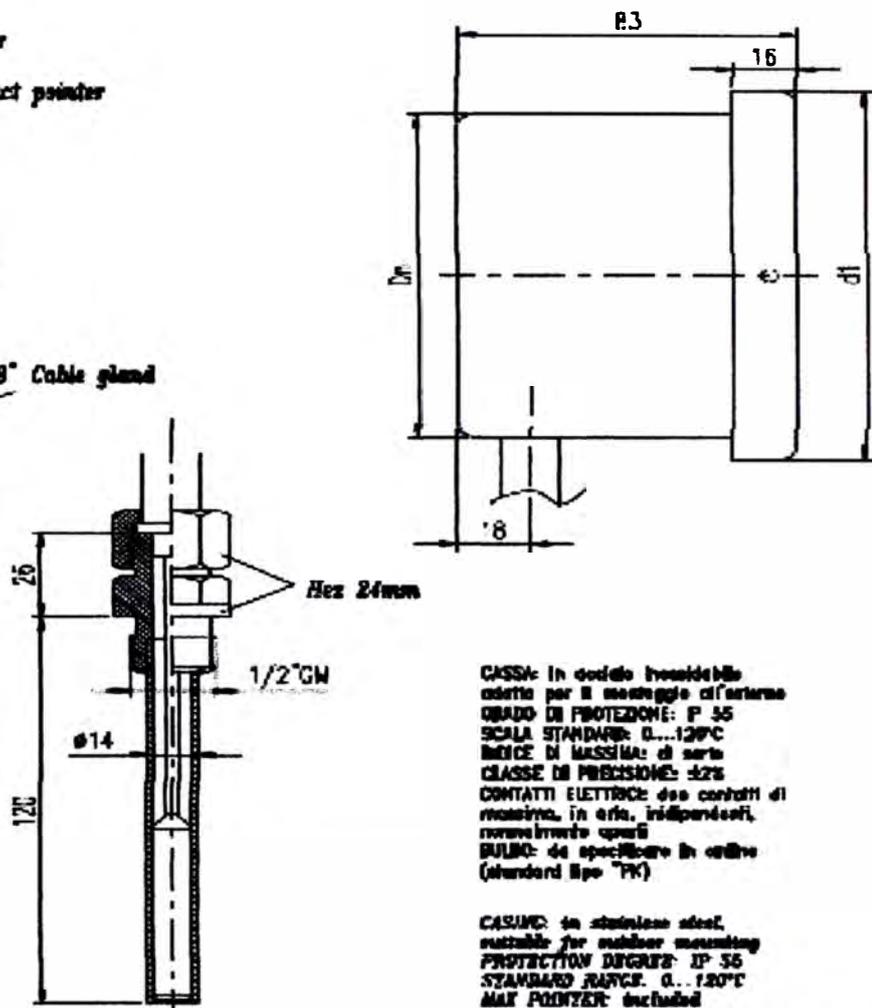
**CEDASPE**

**TERMOMETRI BIMETALLICI  
 SENZA CONTATTI (CASSA INOX)**  
*Bimetallic thermometers, without  
 contacts (stainless steel housing)*

Apéndice X-b



**BULBO TIPO "F"**  
**BULB STYLE "F"**

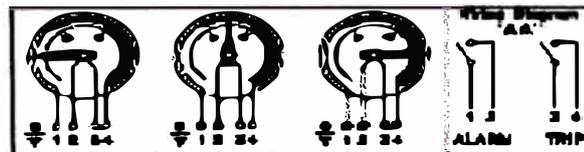


**BULBO TIPO "PK"**  
**BULB STYLE "PK"**

CASSA: In acciaio inossidabile  
adatto per il montaggio all'esterno  
GRADO DI PROTEZIONE: IP 55  
SCALA STANDARD: 0...120°C  
LIVELLO DI MASSIMA: di serie  
CLASSE DI PRECISIONE: ±2%  
CONTATTI ELETTRICI: due contatti di  
massima, in aria, indipendenti,  
normalmente aperti  
BULBO: da specificare in ordine  
(standard tipo "PK")

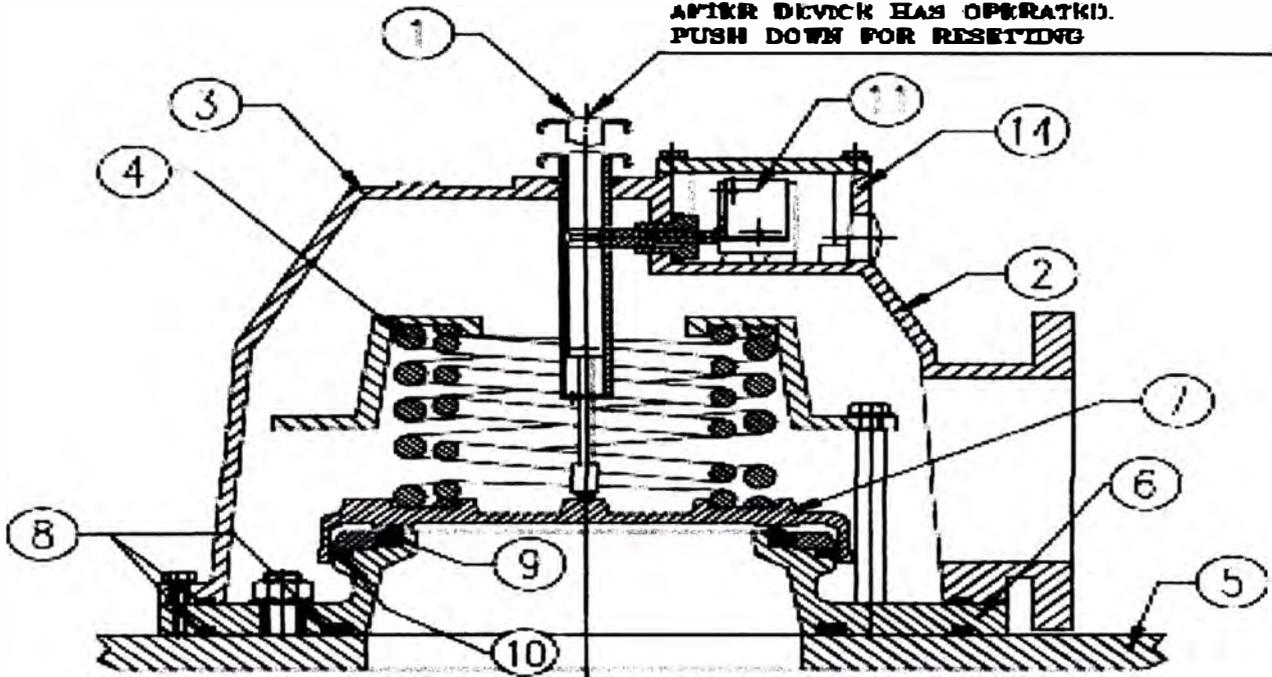
CASING: in stainless steel,  
suitable for outdoor mounting  
PROTECTION DEGREE: IP 55  
STANDARD RANGE: 0...120°C  
MAX POINTER: included  
PRECISION CLASS: ±2%  
ELECTRIC CONTACTS: two independent max  
contact, air insulated, normally open  
BULB STYLE: to be indicated when forming  
the order (standard execution: style "PK")

TIPO / Type	Dn	d1	d2	H	bulbo	Cod.
TESS-R-100-F	100	114	95	80	F	TE10SS0R0F
TESS-R-100-PK	100	114	95	80	PK	TE10SS0R0PK



Apéndice X-c

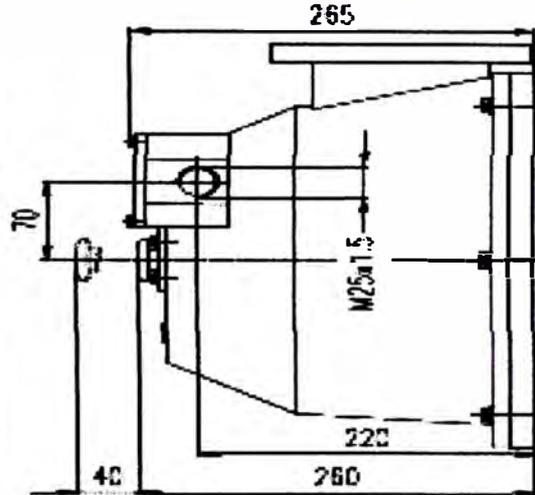
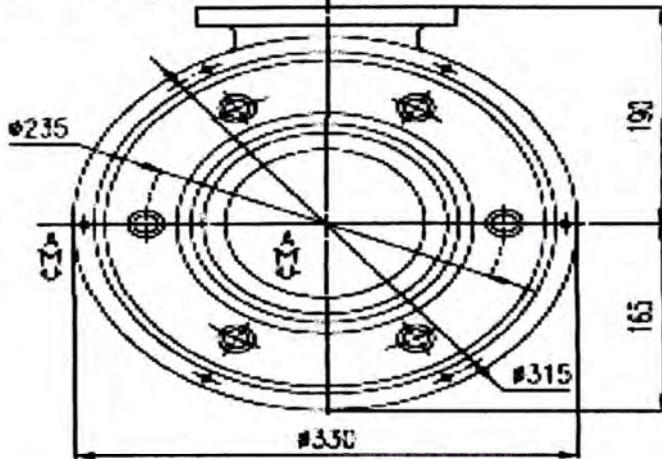
RED PIN SEMAPHORE EXTENDED AS SHOWN  
 AFTER DEVICE HAS OPERATED.  
 PUSH DOWN FOR RESETING



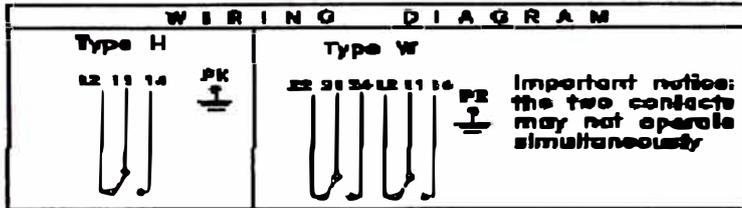
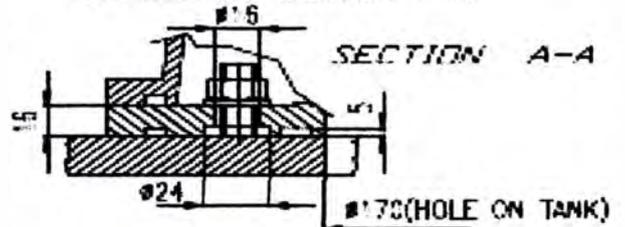
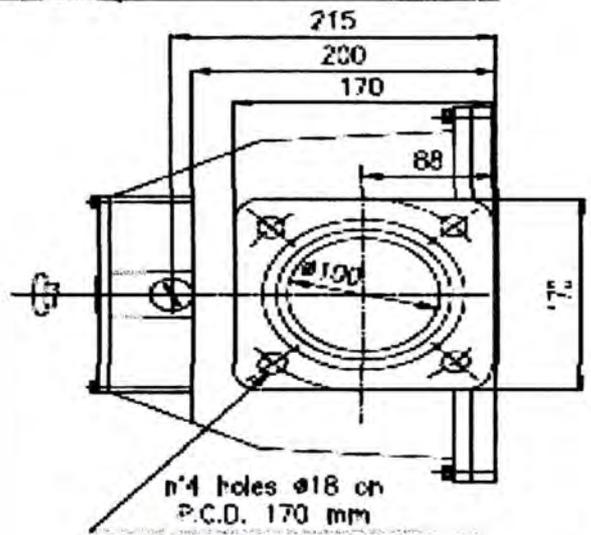
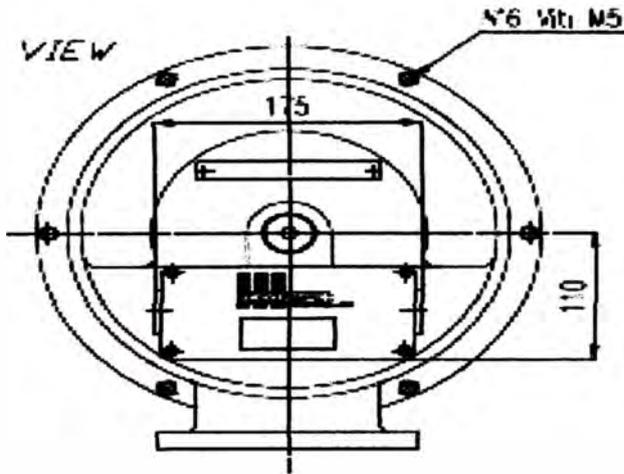
N°	Descrizione Description	Materiale Material
1	Segnalatore intervento valvola Red pin semaphore	Nylon
2	Coperchia Cover	Aluminio Aluminium alloy
3	Protezione Protection	Aluminio Aluminium alloy
4	Molla Spring valve	Acciaio per molle Spring Steel epoxy painted
5	Cassa trasformatore Transformer tank	Aluminio Aluminium alloy
6	Corpo valvola Body valve	Aluminio Aluminium alloy
7	Atturatore Shutter	Aluminio Aluminium alloy
8	O/Ring tenuta cassa/valvola Sealing o/ring tank/valve	NBR
9	1° guarnizione tenuta 1st sealing gasket	NBR
10	2° guarnizione tenuta 2nd sealing gasket	NBR
11	Microswitch Microswitch	
14	Scatola morsetti Terminal box	Aluminio Aluminium alloy

		Filletto		VALLERAGA GENERALE IM-80 7780	
		Tribonite		Qualità = <input type="checkbox"/> rCB <input type="checkbox"/>	
		Materiali		EX DISEGNO P1593/1	
		Disegn.		Assieme = NESTRO	
2	29/04/00	RIFATTO DISEGNO		kg	Costo pezzo =
1	28/07/03	VEDERE BC MOD. PROG. N° 58		kg	Costo =
Ind.	Data	Modifica	Peso	Disegno	
				Rev.	
Titolo			Data 22/07/03		Dis. Nr
P.R.D. VP150 - QT			Scala 1:3		1372
- CROSS SECTION -			Dis.		
CEDASPE			Visto		1   2

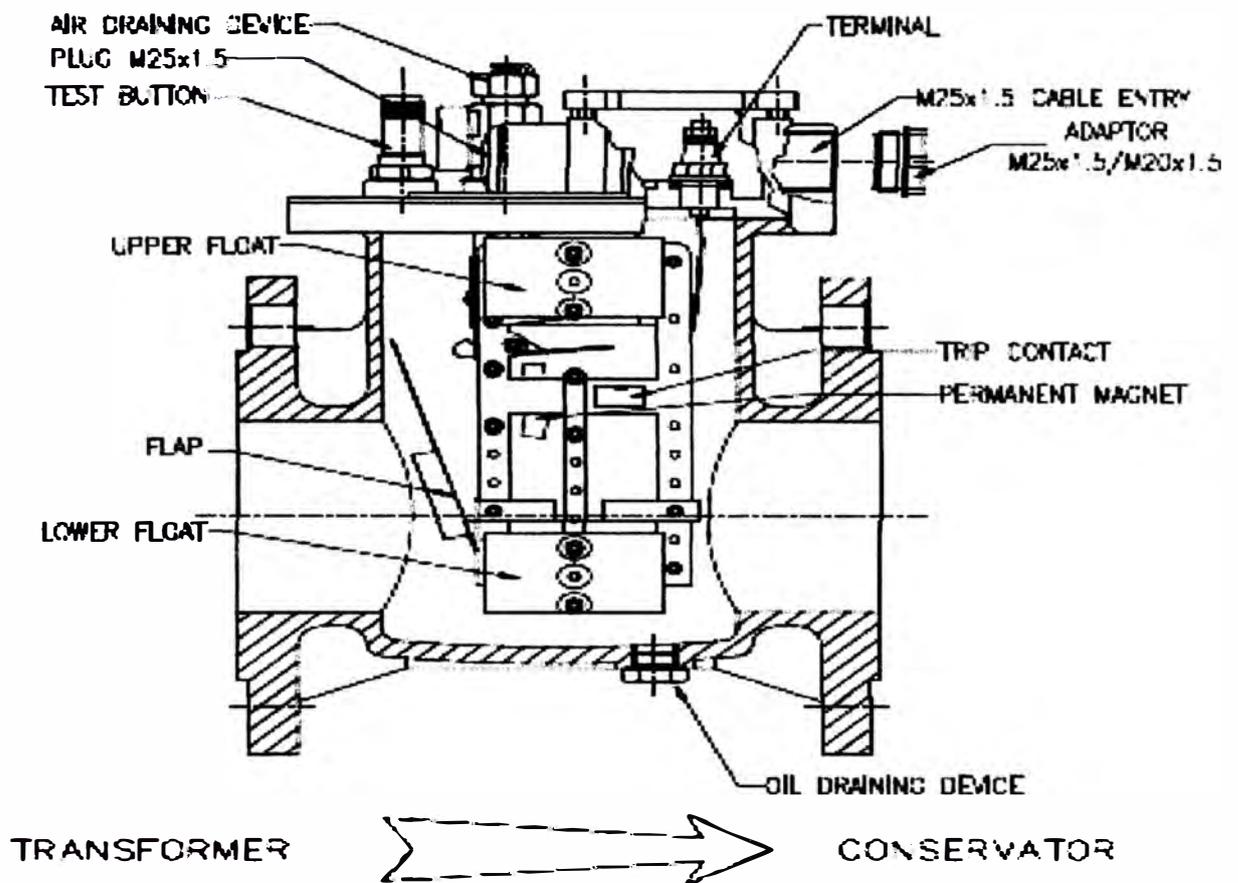
**BOTTOM VIEW**



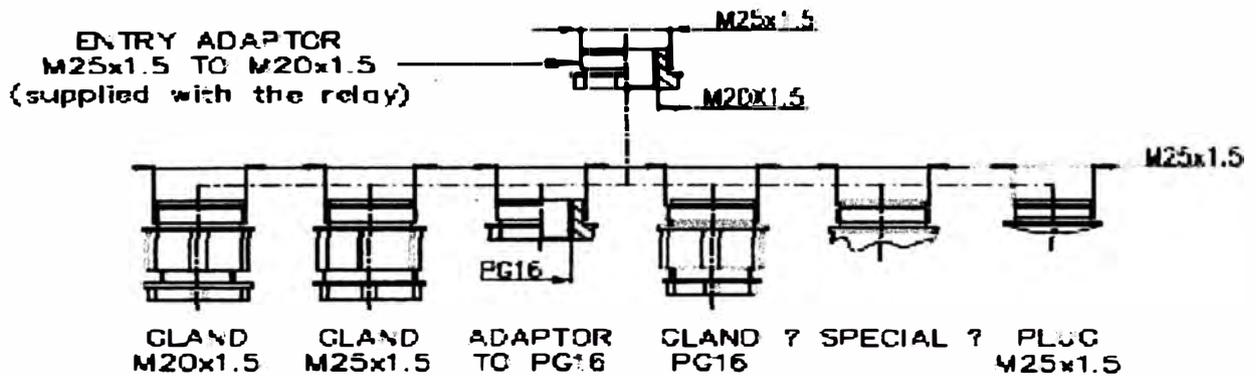
**TOP VIEW**



			Feito		TOLERANÇAS GERAIS LM-50 7700				
			Revisado		Dado = +□ 0□ □□				
3	18/09/00	Aplicação dis. nome de exemplares	Material	Unic. Desig.	EX DESENHO P15+0/1				
2	29/04/00	REVISÃO	Proj.		Assinatura = MRSSEURO				
1	30/07/03	YKURUK BIC. MOD. PROG. Nº 50	Proc.	Desenho	sp	Código grupo =			
Ind.	Data	Modifica	Proc.	Feito	sp	Código =			
			Título <b>P. R. D. VP150-QT</b>		Data 22/07/03				
					Dis. Nr 1373				
					Scala 1:5				
					Dis.				
			Visto		1	2	3		



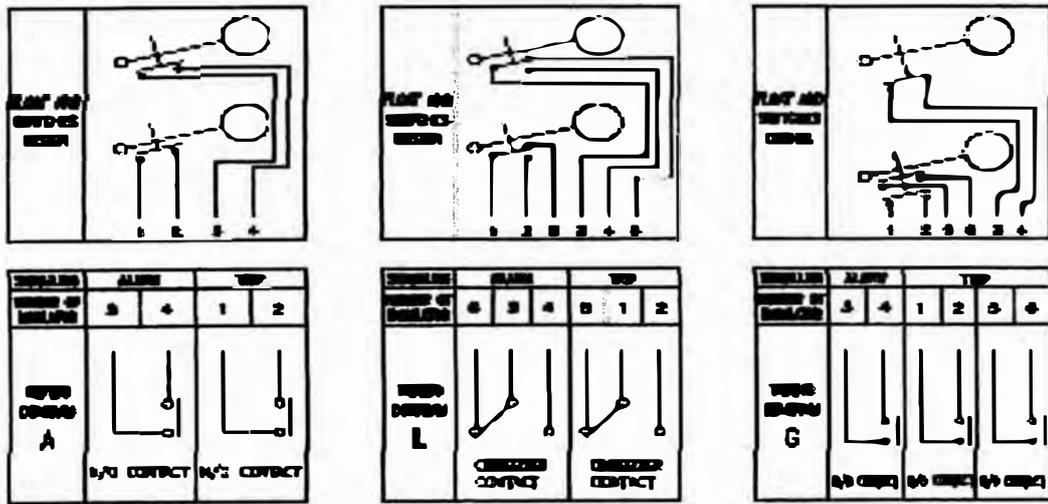
ACCESSORIES UPON CUSTOMER REQUEST



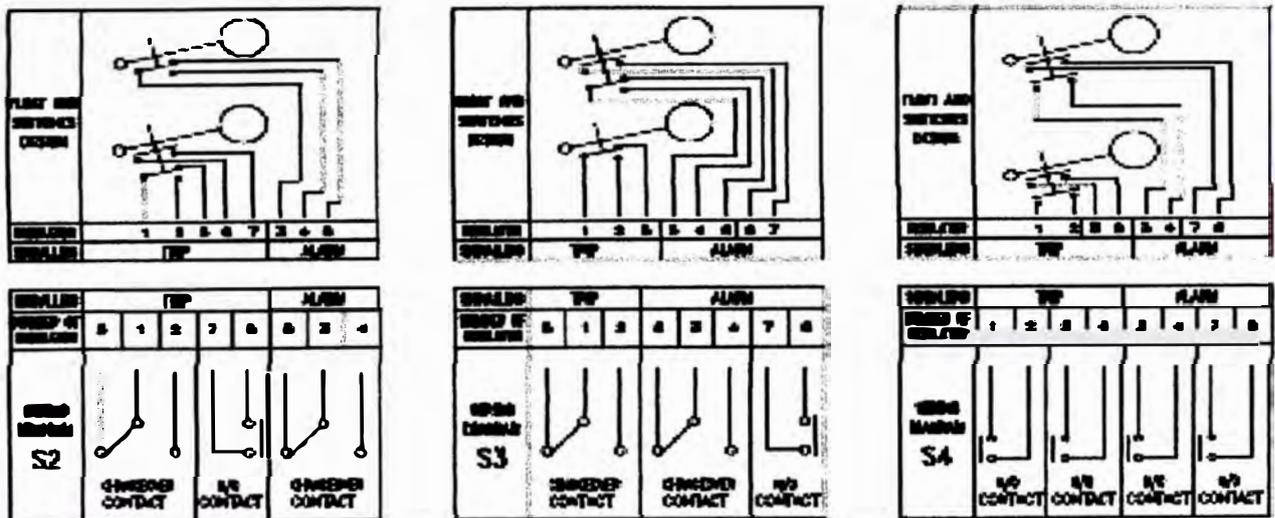
**CEDASPE**

*Cross section*

## STANDARD WIRING DIAGRAM



## SPECIAL WIRING DIAGRAM



*Wiring diagram*

*Float and switch design*

**CEDASPE**

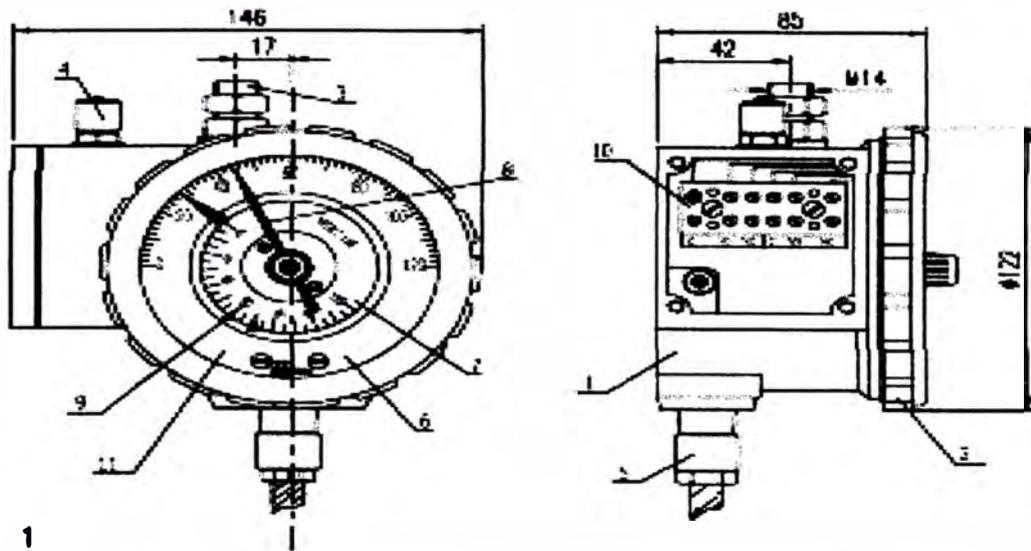


Fig. 1  
TYPE MSRT 100-LJB

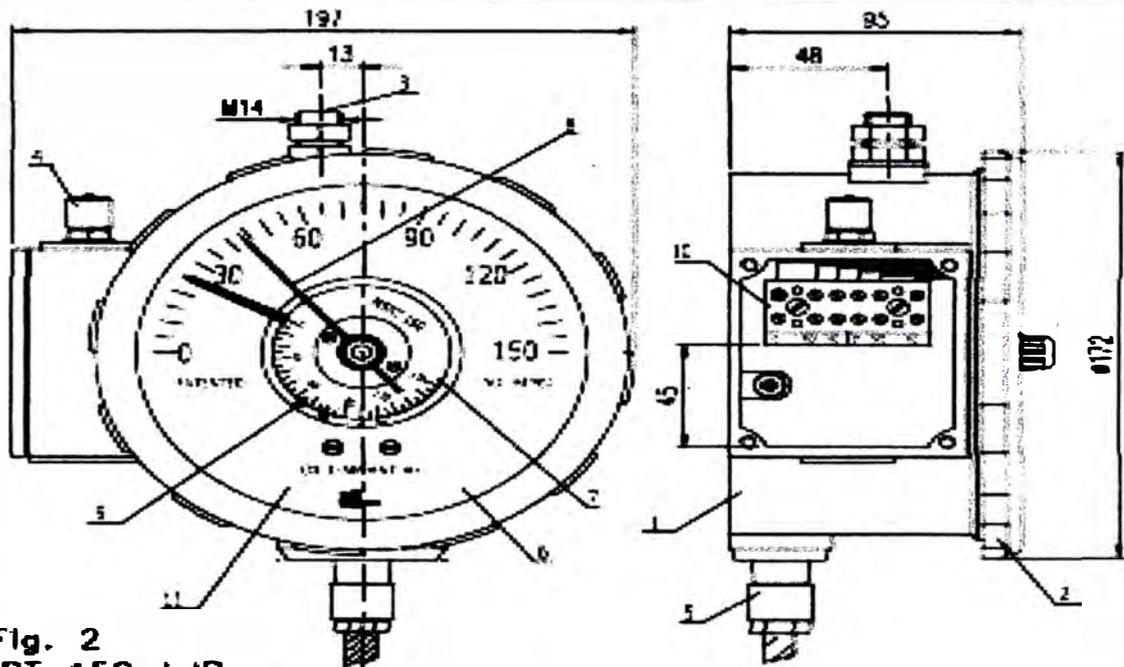
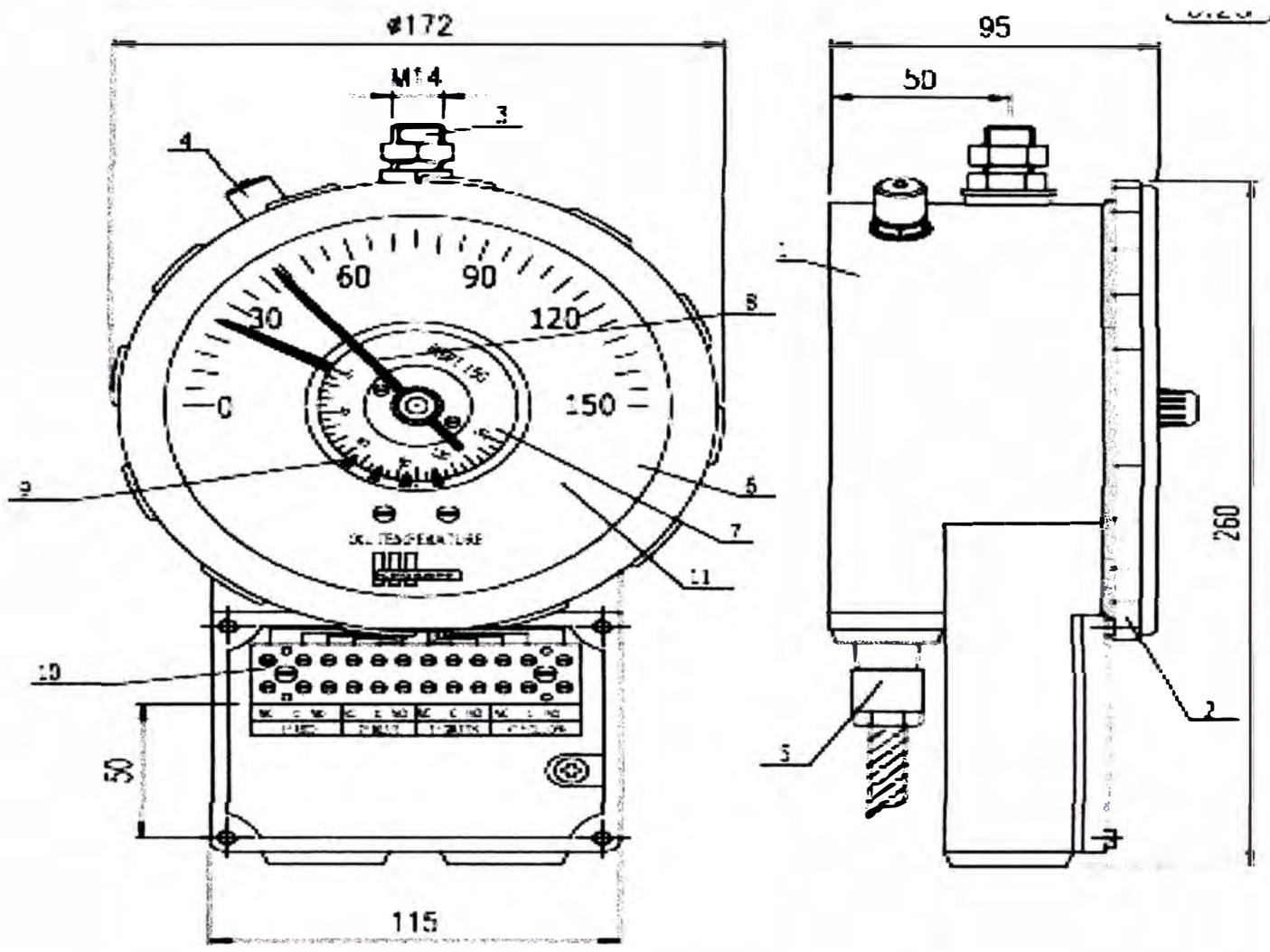


Fig. 2  
TYPE MSRT 150-LJB

Pos.	Descrizione / Description	Pos.	Descrizione / Description	Pos.	Descrizione / Description
1	Cassa Housing	5	Uscita capillare Capillary outlet	9	Puntatore del cardan Microswitches setting pointer
2	Anello di chiusura Locking ring	6	Quadrante Oil/winding temperature dial	10	Interruttore Termination block
3	Vite M14 di collegamento alla sospensione elastica M14 connecting screw for elastic suspension	7	Sellette per puntatori cardan Microswitches setting dial	11	Finestra Polycarbonate window
4	Dispositivo di scappato Breathing device	8	Indice di scappato Gas outlet		



OIL TEMPERATURE THERMOMETER  
(With side junction box)  
- 2 CONTACTS -



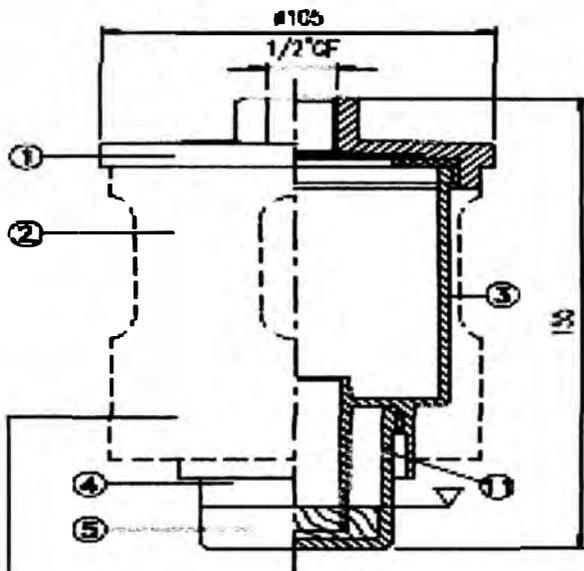
Pos	Descrizione / Description	Pos	Descrizione / Description
1	Cassa <i>Flattaring</i>	7	Selettore per puntatori contatti <i>Microswitches contact dial</i>
2	Anello di chiusura <i>Locking ring</i>	8	Indice di massima <i>Max pointer</i>
3	Vite M14 di collegamento alla sospensione elastica <i>M14 connecting screws for elastic suspension</i>	9	Puntatore del carrett <i>Microswitch sliding pointers</i>
4	Dispositivo di aerazione <i>Breathing device</i>	10	Morsellino <i>Termination block</i>
5	Udito capillare <i>Capillary outlet</i>	11	Obolo <i>Polycarbonate window</i>
6	Quadrante <i>Oil/winding temperature dial</i>		



OIL TEMPERATURE  
THERMOMETER MSRT-150-Y  
2/3/4 CONTACTS

Apéndice XIII-b

Fig. A1  
 - Tipo TV  
 - Type TV



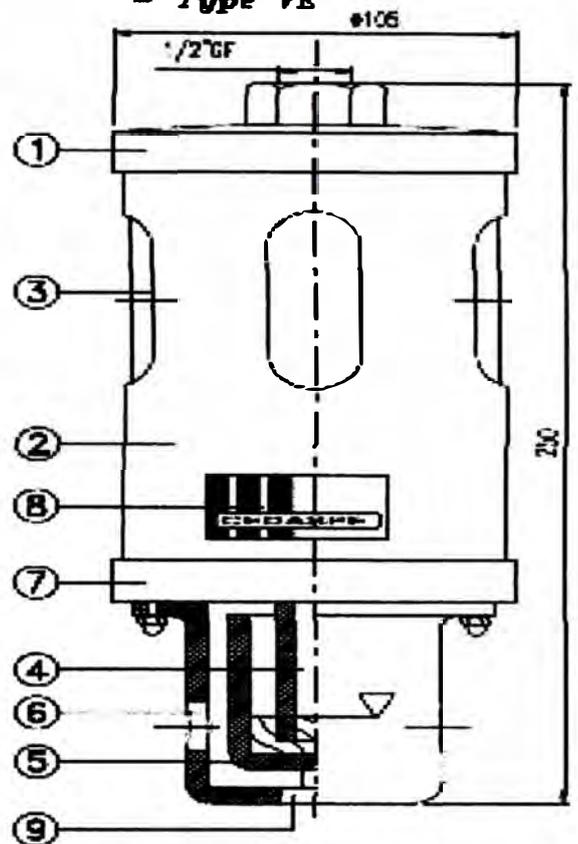
PROTEZIONE SOLO SU TV76NE  
 S/S HOUSING AVAILABLE ONLY ON TV76NE

✓ Livello olio  
 Oil level

Pos	Descrizione
1	Coperchio
2	Protezione acciaio Inox
3	Contenitore trasparente di gel
4	Pescante
5	Coppa olio (trasparente)
6	Spia olio e presa d'aria
7	Coperchio inferiore
8	Targhetta d'identificazione
9	Scarica condensa
11	Presa d'aria

Fig. B1  
 - Tipo VE  
 - Type VE

5.40



Pos	Description
1	Top cap
2	Stainless steel housing
3	Gel container (transparent)
4	Fishing out cylinder
5	Oil cup (transparent)
6	Oil window and air intake
7	Bottom cap
8	Data plate
9	Drain hole
11	Air intake

Dim. in mm; Scala 1:2

Tipo Type	Olio nel transf. Transf. oil kg	Silicagel		NOTE:
		Q. ty Kg	Vol. dm <sup>3</sup>	
TV75NE	700	0.25	0.35	senza protezione Pos. 2 Fig. A1 - w/out stainless steel housing
TV76NE				con protezione Pos. 2 Fig. A1 - with stainless steel housing
VE05	1500	0.50	0.65	con protezione Pos. 2 Fig. B1 - with stainless steel housing



Essiccatore d'aria per trasformatori di distribuzione  
 Dehydrating breathers for distribution transformers