

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



**PROYECTO DEL SISTEMA DE UTILIZACIÓN EN 22.9kV PARA
UNA PLANTA CONCRETERA**

INFORME DE SUFICIENCIA

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

DANNY SANCHEZ QUISPE

PROMOCIÓN 2007-II

LIMA-PERU

2011

CONTENIDO

PRÓLOGO	1
CAPÍTULO I	3
INTRODUCCIÓN	3
1.1 Objetivo	3
1.2 Alcance	3
1.3 Generalidades	4
CAPÍTULO II	5
DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	5
2.1 Red particular en media tensión 22.9kV	5
2.2 Subestación eléctrica particular	5
2.3 Bases del cálculo y normatividad	6
2.4 Planos del Proyecto	7
CAPÍTULO III	8
CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS	8
3.1 Dimensionamiento del cable en 22.9 kV	8
3.1.1 Cálculo por capacidad de corriente	8
3.1.2 Cálculo por caída de tensión	10
3.1.3 Cálculo por capacidad de cortocircuito	11
3.2 Diseño de subestación	12
3.2.1 Cálculo de barras en 22.9 kV	12
3.2.1.1 Corriente nominal	13

3.2.1.2	Esfuerzos electrodinámicos producidos por las corrientes de cortocircuito	13
3.2.1.3	Efectos térmicos producidos por la corriente nominal	16
3.2.1.4	Efectos térmicos producidos por la corriente de cortocircuito	18
3.2.1.5	Efectos por resonancia mecánica	19
3.2.1.6	Flecha	21
3.2.2	Dimensionamiento de aisladores portabarra	22
3.2.3	Dimensionamiento de la protección del transformador	23
3.2.4	Coordinación de la protección	28
3.2.5	Cálculo de ventilación	29
3.2.6	Cálculo de puesta a tierra	34
3.2.6.1	Cálculo del cable de puesta a tierra	34
3.2.6.2	Cálculo de la resistencia de puesta a tierra	35
CAPÍTULO IV		38
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS		38
4.1	Especificaciones técnicas de Equipos y Materiales	38
4.1.1	Cable N2XSY 50mm ² de 18/30 kV	38
4.1.2	Ductos de concreto	38
4.1.3	Buzón de paso para cables subterráneos de MT	39
4.1.4	Cinta señalizadora	39
4.1.5	Celda de llegada 22.9kV, 60Hz	40
4.1.6	Seccionador fusible de potencia tripolar	41
4.1.7	Fusible limitador de corriente	41
4.1.8	Seccionador unipolar	41
4.1.9	Terminal interior termocontraible unipolar	42

4.1.10	Celda de Transformación 315 kVA, 22.9/0,46 kV	42
4.1.11	Transformador Trifásico de 315 kVA	43
4.1.12	Aislador portabarra	44
4.1.13	Barras de cobre rectangular	45
4.1.14	Sistema de puesta a tierra	45
4.1.15	Conductores de puesta a tierra	45
4.1.16	Elementos auxiliares de protección y maniobra	46
4.1.17	Tablero de baja tensión	48
4.2	Especificaciones técnicas de montaje	49
4.2.1	Instalación de cable N2XSY 50mm ² de 18/30kV	49
4.2.2	Montaje de subestación eléctrica particular	53
4.2.3	Instalación de pozo de puesta a tierra	54
4.2.4	Pruebas y puesta en servicio	56
CAPÍTULO V		57
METRADO Y PRESUPUESTO		57
5.1	Metrado	57
5.2	Presupuesto	59
5.3	Cronograma	61
CONCLUSIONES		63
RECOMENDACIONES		65
BIBLIOGRAFÍA		66
PLANOS		
ANEXOS		

PRÓLOGO

Los sistemas de utilización en media tensión son de necesidad a partir de determinada demanda máxima, tienen la ventaja de disponer de energía eléctrica más confiable, de mejor calidad y menor precio.

En el presente Informe de Suficiencia se presenta el diseño de un sistema de utilización en media tensión 22.9 kV para suministrar energía eléctrica a una planta concretera.

El informe se encuentra estructurado en cinco capítulos que se describen a continuación:

En el capítulo I se expone el objetivo, alcances del proyecto y además se describe aspectos característicos de la empresa concretera tales como la ubicación, el estado eléctrico actual, las necesidades de potencia y las condiciones técnicas del punto de diseño que serán de utilidad para el cálculo de la red particular de media tensión 22.9 kV y la subestación eléctrica particular.

En el capítulo II se presenta las características principales del proyecto tales como la red particular de media tensión subterránea que parte desde el punto de medición intemperie (PMI) proyectado por la concesionaria hasta la subestación eléctrica particular ubicada dentro del predio de la planta concretera. También se presenta las características de la subestación eléctrica particular (equipamiento de la subestación). Finalmente se indica las bases del cálculo y la normatividad de referencia.



En el capítulo III Se presentan los cálculos justificativos para lo siguiente:

- Dimensionamiento del cable de media tensión por capacidad de corriente, por caída de tensión y por capacidad de cortocircuito.
- Diseño de la subestación eléctrica particular comprende el cálculo de barras colectoras, aisladores portabarra, dimensionamiento de la protección del transformador, coordinación de la protección, cálculo de ventilación de la subestación y finalmente el cálculo de la puesta a tierra de la subestación.

En el capítulo IV se describe las especificaciones técnicas de equipos y materiales con indicación de la norma de fabricación. Se detalla las especificaciones técnicas de montaje de equipos y materiales, especificando características de instalación y manipuleo. Finalmente se indican las pruebas para la puesta en servicio del sistema de utilización.

En el capítulo V se presenta el metrado y presupuesto del proyecto, en el cual se considera la relación de los materiales, cantidades y costos referenciales. También se muestra el cronograma de ejecución del proyecto.

Finalmente quiero expresar mis agradecimientos a mis padres y en especial a mi hermana Noemi por todo su apoyo en mi etapa de formación profesional.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 OBJETIVO

Elaborar el proyecto eléctrico del sistema de utilización en media tensión 22.9kV para dotar de suministro de energía eléctrica a una planta concretera.

1.2 ALCANCE

El presente proyecto contempla lo siguiente:

- a.** Diseño de la red particular en media tensión (22.9 kV), su recorrido fuera y dentro del predio.
- b.** Diseño de la Subestación Eléctrica Particular con un transformador trifásico convencional de 315 kVA, 22.9/0.46 kV para montaje interior.

El proyecto no considera el suministro e instalación del Puesto de Medición Intemperie, debido a que este estará a cargo de la concesionaria; tampoco se incluye las obras civiles de la subestación, cuya ejecución estará a cargo del interesado.

1.3 GENERALIDADES

El predio de la planta concretera se encuentra ubicado en la Carretera Panamericana Sur Km.17 – Distrito de Villa el Salvador, Provincia y Departamento de Lima.

El predio actualmente no cuenta con suministro eléctrico, y requiere una máxima demanda de 250kW. Para efectos de mejor opción tarifaria y confiabilidad del servicio se solicitó a Luz del Sur S.A.A. el correspondiente punto de diseño.

Las características técnicas del punto de diseño fijado por Luz del Sur son las siguientes:

- Ubicación : A veinticinco (25) metros del predio
- Tensión : 22.9 kV
- Máxima Demanda : 250 kW
- Potencia de cortocircuito : 200 MVA
- Tiempo de apertura de la protección: 0.02 s

CAPÍTULO II

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

2.1 RED PARTICULAR EN MEDIA TENSION 22.9kV

Red particular primaria de 22.9 kV, 60Hz, sistema trifásico de tres conductores con el neutro rígidamente puesto a tierra, interconecta el puesto de Medición Intemperie (PMI) proyectado por Luz del Sur S.A.A y la subestación eléctrica particular proyectada en el interior del predio. Sistema adoptado subterráneo con 77 metros de longitud, con cable N2XSY 3-1x50mm² 18/30 kV ver recorrido y detalles en el plano IE-01.

2.2 SUBESTACIÓN ELÉCTRICA PARTICULAR

A. Tipo

Subestación de Caseta

B. Material

Concreto armado relleno de ladrillo.

C. Dimensiones

Ancho x Largo x Altura: 3.5 m x 4 m x 3.4 m

D. Ventilación

Natural, entrada de aire por debajo del nivel del terreno y salida de aire por la parte superior de la celda de transformación a través de las rejillas instaladas en las ventanas del recinto.

E. Equipamiento

Comprende de una celda de llegada y una celda de transformación.

Equipamiento de la celda de llegada:

- 1 Seccionador fusible de potencia tripolar 400A, 24 kV
- 3 Fusibles limitadores de corriente tipo CF 20A, 24 kV
- 3 Seccionadores unipolares 400 A, 24 kV
- 3 Terminales tipo interior 25 kV, para cable N2XSY de 50 mm²
- 3 Aisladores portabarra de porcelana de 24 kV para uso interior

Equipamiento de la celda de transformación:

- 1 Transformador convencional de 22.9/0.46 kV, 315 kVA, YNyn6.
- 6 Aisladores portabarra de porcelana de 24 kV, 400 kgf para uso interior

2.3 BASES DEL CÁLCULO Y NORMATIVIDAD

Para la selección, dimensionamiento del cable, equipos y materiales especificados en el presente proyecto, se ha considerado las siguientes bases del cálculo:

a) Caída tensión máxima	:	5 %
b) Media Tensión	:	22.9 kV
c) Baja Tensión	:	0.46 kV
d) Potencia de Instalada	:	315 kVA
e) Máxima Demanda	:	250 kW
f) Sistema	:	Trifásico
g) Factor de potencia	:	0.85
h) Potencia cortocircuito	:	200 MVA
i) Tiempo de apertura	:	0.02 s
j) Sistema adoptado	:	Subterráneo

Normatividad Considerada:

- Decreto Ley N° 25844 “Ley de Concesiones Eléctricas” y su reglamento.
- Norma Técnica de Calidad de los Servicios Eléctricos.
- El Código Nacional de Electricidad- Utilización.
- El código Nacional de Electricidad-Suministro
- Normas DGE “Terminología en Electricidad” y “Símbolos Gráficos en Electricidad”
- Condiciones técnicas indicadas en el documento del punto de diseño.
- Reglamento Nacional de Edificaciones.
- Ley de Protección del medio Ambiente y Protección del patrimonio Cultural de la Nación según corresponda.
- Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP).
- La R.D. N° 018-2002-EM/DGE.- Norma de procedimientos para la elaboración de proyectos y ejecución de obras en sistemas de utilización en media tensión en zonas de distribución.
- Reglamento de seguridad y salud en el trabajo de las actividades eléctricas

2.4 PLANOS DEL PROYECTO

- **IE-01:** Ubicación y recorrido del cable de media tensión 22.9 kV
- **IE-02:** Equipamiento Electromecánico de Subestación 315 kVA
- **IE-03:** Disposición civil de subestación 315kVA

CAPÍTULO III

CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

3.1 DIMENSIONAMIENTO DEL CABLE EN 22.9 kV

Condiciones:

- Caída tensión máxima (ΔV) : 5%
- Tensión nominal en el lado de media : 22.9 kV
- Tensión nominal en el lado de baja : 0.46 kV
- Potencia Instalada : 315 kVA
- Máxima Demanda (MD) : 250 kW
- Tipo de sistema : Trifásico
- Factor de Potencia (Fp) : 0.85
- Potencia de cortocircuito (Scc) : 200 MVA
- Tiempo de apertura de la protección : 0.02 s
- Frecuencia : 60Hz
- Sistema adoptado : Subterráneo

3.1.1 Cálculo por capacidad de corriente

Para el dimensionamiento del cable por capacidad de corriente se debe tener en cuenta la corriente nominal de la carga y los factores de corrección debido a las condiciones reales de instalación del cable.

a) Corriente nominal

$$I_n = \frac{MD}{\sqrt{3} \times V_N \times f_p} = \frac{250kW}{\sqrt{3} \times 22.9kV \times 0.85} = 7.42A$$

La capacidad de corriente del cable N2XSy 50mm² de 18/30kV es de 186A por lo que se verifica que soportara la corriente nominal.

b) Factores de corrección debido a condiciones reales de instalación

Considerando la influencia del medio en la capacidad de corriente del cable, esto es reflejado a través de los factores de corrección.

PARAMETROS	CONDICIONES NORMALES DE OPERACIÓN	CONDICIONES REALES DE INSTALACIÓN
Resistividad térmica del suelo	100 C°xcm/W	150 C°xcm/W
Temperatura del suelo	20C°	25C°
Profundidad del tendido	1.20m	1.50m
Resistividad térmica del ducto	100 C°xcm/W	100 C°xcm/W

Por resistividad térmica del suelo

$$\sigma_{rs} = 0.83$$

Por temperatura del suelo

$$\sigma_{ts} = 0.96$$

Por profundidad de enterramiento

$$\sigma_{pe} = 0.94$$

Por resistividad térmica del ducto

$$\sigma_{rd} = 1.00$$

Por tendido en ductos

$$\sigma_{td} = 0.81$$

Factor de corrección total (σ) será:

$$\sigma = \sigma_{rs} \times \sigma_{ts} \times \sigma_{pe} \times \sigma_{rd} \times \sigma_{td} = 0.83 \times 0.96 \times 0.94 \times 0.81$$

$$\sigma = 0.61$$

Con este factor se debe corregir la capacidad de corriente del cable de la siguiente manera:

$$I_{\text{Cable Corregida}} = 0.61 \times 186 = 113.46 \text{ A}$$

La capacidad de corriente del cable corregida es superior a la corriente nominal así tenemos que:

$$113.46 \text{ A} > 7.42 \text{ A}$$

El cable seleccionado por capacidad de corriente tiene la suficiencia necesaria para transportar la corriente nominal.

3.1.2 Cálculo por caída de tensión

La caída de tensión desde el puesto de medición a la intemperie (PMI) hasta la subestación eléctrica particular proyectada no debe superar el 5% V_n (22.9 kV)=1145V

$$\Delta V = \sqrt{3} \times I_n \times L \times (R \cos \phi + X \sin \phi)$$

R : Resistencia del conductor = 0.4935 Ω /km

X : Inductancia del conductor = 0.2761 Ω /km

L : Longitud del conductor = 0.077km

Remplazando:

$$\Delta V = \sqrt{3} \times 7.42 \times 0.077 \times (0.4935 \times 0.85 + 0.2761 \times 0.5268)$$

$$\Delta V = 0.56 \text{ V}$$

$$0.56 \text{ V} < 1145 \text{ V} (5\% V_n)$$

$$\Delta V \text{ 22.9 kV} = 0.56 \text{ V} \dots\dots\dots 0.002\%$$

Por lo tanto la caída de tensión es inferior al 5%

3.1.3 Cálculo por capacidad de cortocircuito

a) Corriente de cortocircuito del sistema

Para el cálculo de la corriente de cortocircuito del sistema se considera que ocurre en el punto más desfavorable, es decir en el punto de diseño.

Condiciones:

- Potencia de cortocircuito (Scc) : 200 MVA
- Tensión nominal de servicio (Vn) : 22.9 kV
- Tiempo de apertura de la protección : 0.02 s

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \times V_n} = \frac{200}{\sqrt{3} \times 22.9} = 5.042 \text{ kA}$$

b) Corriente de cortocircuito (Ikm) permisible en el cable

La corriente de cortocircuito Ikm permisible en el cable N2XSY de 50 mm² 18 / 30 kV, está dada por la formula:

$$I_{km} = \frac{0.14356 \times S}{\sqrt{t}}$$

Donde:

Ikm : Corriente de cortocircuito permisible en el cable (kA)

S : Sección nominal del conductor (mm²)

t : Duración del cortocircuito (s) : 0.02 s

$$I_{km} = \frac{0.14356 \times S}{\sqrt{t}} = \frac{0.14356 \times 50}{\sqrt{0.02}} = 50.76 \text{ kA}$$

$$I_{km} = 50.76 \text{ kA}$$

$$I_{km} > I_{cc}$$

$$50.76 \text{ kA} > 5.042 \text{ kA}$$

La corriente de cortocircuito permisible en el cable ($I_{km}=50.76$ kA) es mayor que la corriente de cortocircuito del sistema ($I_{cc}=5.042$ kA), por lo que el cable N2XSY de 50 mm² 18/30 kV está capacitado para soportar la corriente de cortocircuito en las condiciones señaladas.

EL CABLE ELEGIDO ES: 3-1x50 mm² N2XSY 18/30 kV

3.2 DISEÑO DE SUBESTACIÓN

3.2.1 Cálculo de barras en 22.9 kV

El diseño de las barras MT (22.9 kV) se efectúa considerando los siguientes aspectos:

- Corriente nominal
- Efectos electrodinámicos producidos por las corrientes de cortocircuito
- Efectos térmicos producidos por la corriente nominal
- Efectos térmicos producidos por la corriente de cortocircuito
- Efectos por resonancia mecánica
- Flecha

Para el diseño se debe tomar en cuenta los siguientes datos:

Potencia de cortocircuito (S_{cc})	: 200 MVA
Tensión nominal (V_n)	: 22.9 kV
Longitud entre apoyos (L_b)	: 140 cm
Longitud de la barra (L_o)	: 250 cm
Distancia entre fases (d_{fases})	: 36 cm

Frecuencia del sistema	: 60 Hz
Conductividad del Cu a 20C°	: 56 m/Ω mm ²

3.2.1.1 Corriente nominal

Se cálculo la corriente nominal del sistema $I_n=7.42$ A para esta corriente seleccionamos barra de 40x5mm pintada en disposición horizontal con capacidad de corriente 573 A según ficha técnica para barras de cobre adjuntada en los anexos.

$$573 \text{ A} > 7.42 \text{ A}$$

Por lo tanto la barra puede transportar la corriente nominal de forma satisfactoria

3.2.1.2 Esfuerzos electrodinámicos producidos por las corrientes de cortocircuito

Potencia de cortocircuito en las barras (S_{ccB})

$$S_{ccB} = \frac{V^2}{\sqrt{\left(\frac{V^2}{S_{cc}} + XxL\right)^2 + (RxL)^2}}$$

V : Tensión nominal (22.9 kV)

S_{cc} : Potencia de cortocircuito en el punto de diseño (200 MVA)

R : Resistencia del conductor (0.4935 Ω/km)

X : Inductancia del conductor (0.2761 Ω/km)

L : Longitud de la línea (0.077 km)

Remplazando en la formula:

$$S_{cc_B} = \frac{22.9^2}{\sqrt{\left(\frac{22.9^2}{200} + 0.2761 \times 0.077\right)^2 + (0.4935 \times 0.077)^2}}$$

$$S_{cc_B} = 198.37 \text{ MVA}$$

Corriente de cortocircuito en barras (I_{cc_B})

$$I_{cc_B} = \frac{198.37 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 22.9 \text{ kV}} = 5 \text{ kA}$$

$$I_{cc_B} = 5 \text{ kA}$$

Corriente de choque en barras (I_{ch_B})

$$I_{ch_B} = 1.8 \times \sqrt{2} \times I_{cc_B}$$

$$I_{ch_B} = 1.8 \times \sqrt{2} \times 5 \text{ kA}$$

$$I_{ch_B} = 12.73 \text{ kA}$$

Fuerza entre barras en cortocircuito (F)

$$F = \frac{2.04 \times I_{ch_B}^2 \times \left(\frac{L_b}{d_{fases}}\right)}{100} \text{ kgf}$$

Donde:

I_{ch} : Corriente de choque en (kA)

L_b : Distancia entre apoyos en (cm)

d_{fases} : Distancia entre fases (cm)

Remplazando:

$$F = \frac{2.04 \times 12.73^2 \times \left(\frac{140 \text{ cm}}{36 \text{ cm}}\right)}{100}$$

$$F = 12.86 \text{ kgf}$$

Momento máximo en las barras (Mb)

Este momento se presenta en la parte central de la barra y esta dado por:

$$Mb = \frac{FxLb}{12} \text{ Kgf } x \text{ cm}$$

Mb : Es el momento flector máximo aplicado a la barra

F : Fuerza transversal aplicada a la barra

Lb : Longitud de la barra

$$Mb = \frac{12.86x140}{12}$$

$$Mb = 150 \text{ Kgf } x \text{ cm}$$

Módulo resistente mínimo (Wb) para el momento máximo

$$Wb = \frac{Mb}{Kb}$$

Wb : Es el modulo resistente mínimo para el momento máximo en la barra
(cm³)

Mb : Es el momento flector máximo aplicado a la barra.

Kb : Es el esfuerzo máximo admisible del cobre Kb = 1200 kgf/cm²

Reemplazando:

$$Wb = \frac{150 \text{ Kgf } x \text{ cm}}{1200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}}$$

$$Wb = 0.125 \text{ cm}^3$$

Módulo resistente propio de la barra (Wp)

$$Wp = \frac{b^2 x h}{6}$$

W_p : Módulo resistente de la barra respecto a su centro de gravedad o línea neutra

b : Es la longitud de la base de la sección transversal de la barra

h : Es la longitud de la altura de la sección transversal de la barra

Remplazando en la fórmula

$$W_p = \frac{4^2 \times 0.5}{6} = 1.33 \text{ cm}^3$$

$$W_p = 1.33 \text{ cm}^3$$

$$1.33 \text{ cm}^3 > 0.125 \text{ cm}^3$$

$$W_p > W_b$$

El módulo resistente de la barra es mayor que el módulo resistente mínimo.

El coeficiente de seguridad (c.s) será:

$$C.S. = \frac{W_p}{W_b} = \frac{1.33}{0.125}$$

$$C.S. = 10.7$$

∴ Las barras de 5x40 mm proyectados podrán soportar los esfuerzos electrodinámicos producidos por la corriente de cortocircuito sin ningún inconveniente.

3.2.1.3 Efectos térmicos producidos por la corriente nominal

Las variaciones de temperatura en el servicio originan una elongación o una contracción en las barras las que ocasionan esfuerzos de tracción o compresión.

La dilatación lineal debido al calentamiento esta dado por:

$$\Delta L = L_o \cdot \alpha \cdot \Delta \theta$$

Donde:

α : Coeficiente de dilatación lineal en $1/C^\circ$

Para el Cu=0.000017 C°^{-1}

L_o : Longitud de la barra a la temperatura de montaje ($L_o=250$ cm)

$\Delta \theta$: Sobreelevación de temperatura considerada en $30 C^\circ$ según norma
DIN

ΔL : Variación de la longitud en la barra en cm

Remplazando:

$$\Delta L = 250 \times 0.000017 C^\circ^{-1} \times 30 C^\circ$$

$$\Delta L = 0.1275 \text{ cm}$$

Para calcular la fuerza longitudinal en la barra debido a su dilatación se aplica la siguiente igualdad

$$\Delta L = L_o \cdot \alpha \cdot \Delta \theta = \frac{F L_o}{E \cdot A}$$

$$F = \frac{\Delta L \cdot E \cdot A}{L_o}$$

Donde

F : Fuerza mecánica longitudinal desarrollada en la barra en kgf

E : Módulo de elasticidad del cobre $E_{cu}=1.25 \times 10^6$ kg/cm²

A : Sección de la barra $B \times H=2$ cm²

Remplazando:

$$F = \frac{0.1275 \times 1.25 \times 10^6 \times 2}{250}$$

$$F = 1275 \text{ kgf}$$

Este valor lo comparamos

$$\frac{F}{A} = 637.5 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} < \sigma_{Cu}$$

$$637.5 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} < 1200 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

∴ La barra soportará los esfuerzos longitudinales debido a los efectos térmicos producidos por la corriente nominal.

3.2.1.4 Efectos térmicos producidos por la corriente de cortocircuito

$$\theta = 65 + \frac{k}{S^2} \times I_{ckto}^2 (t + \Delta t)$$

Donde:

θ : Es el calentamiento en grados centígrados

S : Es la sección de la barra en $\text{mm}^2 = 40 \times 5 = 200 \text{ mm}^2$

K : Constante del material

K_{Cu} : 0.0058

I_{ckto} : Es la corriente permanente de cortocircuito en las barras en (A)

T : Tiempo total de apertura del dispositivo de la protección en segundos
Considerando para el seccionador tripolar de potencia el tiempo de actuación que es de [55-65] ms una vez fusionado el fusible.

Según curva del fusible CF20 seleccionado para una falla en las barras $I_{ccB} = 5 \text{ kA}$ el fusible actuaría instantáneamente según curvas $t = 0.01 \text{ s}$, entonces el tiempo total de apertura del Seccionador

Tripolar es:

$$t = 0.01 \text{ s} + 0.065 \text{ s} = 0.075 \text{ s}$$

Δt : Tiempo adicional para tener en cuenta el calentamiento producido por la corriente de choque

$$\Delta t = \left(\frac{I_{Choque}}{I_{ckto}} \right)^2 \times T$$

T : Factor de tiempo en máquinas en segundos

Ckto Tripolar T: 0.3-0.15 s

Ckto bipolar T: 0.6-0.25 s

Asumimos T= 0.6 s

pero :

$$I_{choque} = 2.55 \times I_{ckto}$$

$$\Delta t = (2.55)^2 \times 0.6 \text{ s}$$

$$\Delta t = 3.9 \text{ s}$$

Remplazando en la fórmula:

$$\theta = 65 + \frac{0.0058}{200^2} \times 5000^2 \times (0.075 + 3.9)$$

$$\theta = 79.41 \text{ C}^\circ$$

∴ La temperatura que alcanzara la barra en evento de cortocircuito es aceptable, debido a que en barras de cobre es admisible una temperatura según norma VDE:

Conductores desnudos (T°max)

$$T^\circ \text{max Cu} = 200 \text{ C}^\circ$$

3.2.1.5 Efectos por resonancia mecánica

Cuando la frecuencia natural (F_n) con la que vibran las barras se encuentra muy cerca ($\pm 10\%$) a la frecuencia eléctrica (60Hz) o a su segundo armónico, se produce el fenómeno de resonancia.

Se debe cumplir que:

$$F_n > 1.1 F_e \quad \text{o} \quad F_n < 0.9 F_e$$

$$F_n > 66 \text{ Hz} \quad \text{o} \quad F_n < 54 \text{ Hz}$$

En caso del 2do Armónico

$$F_n > 1.1 (2F_e) \quad \text{o} \quad F_e < 0.9 (2F_e)$$

$$F_n > 132 \text{ Hz} \quad \text{o} \quad F_n < 108 \text{ Hz}$$

La frecuencia natural (F_n) a la que oscilarían las barras de cobre proyectadas en la subestación, está dada por:

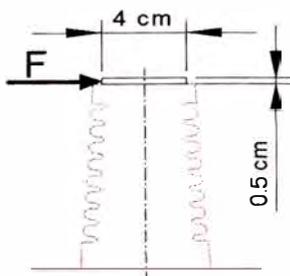
$$F_n = 112 \sqrt{\frac{E \times J}{G \times L b^4}} \quad (\text{Hz})$$

E : Módulo de elasticidad del cobre $E_{\text{cu}} = 1.25 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

J : Momento de inercia de la barra (cm^4)

G : Peso de la barra por unidad de longitud (kg/cm)

Lb : Longitud de la barra $Lb = 140 \text{ cm}$



Cálculo de J

$$J = \frac{B \times H^3}{12}$$

$$J = \frac{0.5 \times 4^3}{12} = 2.67 \text{ cm}^4$$

Además para el cobre:

$$\rho_{cu} = 8900 \frac{kg}{m^3} = 0.0089 \frac{kg}{cm^3}$$

$$\frac{G}{Area} = \rho_{cu} \Rightarrow G = \rho_{cu} \times Area$$

$$Area = 0.5cm \times 4cm = 2 cm^2$$

$$G = 0.0089 \frac{kg}{cm^3} \times 2cm^2 = 0.0178 \frac{kg}{cm}$$

Remplazando en la fórmula:

$$Fn = 112 \sqrt{\frac{1.25 \times 10^6 \times 2.67}{0.0178 \times 140^4}}$$

$$Fn = 78.2 Hz > 66 Hz$$

Del resultado obtenido se deduce que la oscilación mecánica no se encuentra entre $\pm 10\%$ de la Frecuencia de la red Eléctrica (60 Hz), esto también se verifica para la otra distancia entre apoyos $L_b = 100$ cm evaluando $Fn = 153.4$ Hz.

3.2.1.6 Flecha

Se considera para el caso más desfavorable, que es cuando se considera a la barra como una viga simplemente apoyada en este caso la fórmula es:

$$Fl = \frac{5xGxL^4}{384xExJ}$$

Donde:

G : Peso de la barra por unidad de longitud (kg/cm)

L : Longitud de la barra en cm

E : Modulo de elasticidad del cobre $E_{cu} = 1.25 \times 10^6$ kg/cm²

J : Momento de inercia de la barra (cm^4) cuyo valor es 2.67

Remplazando:

$$Fl = \frac{5 \times 0.0178 \times 140^4}{384 \times 1.25 \times 10^6 \times 2.67}$$

$$Fl = 0.027 \text{ cm}$$

$$\%Fl = \frac{Fl}{L} \times 100 = 0.02 \%$$

La flecha que presentara la barra debido a la fuerza transversal es imperceptible.

Por lo tanto las barras colectoras de 5x40 mm soportan y cumplen satisfactoriamente todos los aspectos mencionados en el Item 3.2.1.

SECCION DE BARRA DE CU ELEGIDA ES: 5x40 mm

3.2.2 Dimensionamiento de aisladores portabarra

Después de determinar la fuerza entre apoyos el esfuerzo de ruptura en la punta del aislador estará dado por dicha fuerza dividida por un coeficiente de seguridad de 0.5

$$P = \frac{F_{MAX}}{0.5} \text{ Kgf}$$

$$P = \frac{12.86}{0.5} \text{ Kgf}$$

$$P = 25.72 \text{ Kgf}$$

∴ Se seleccionará un aislador normado para un esfuerzo en la punta de 400 Kgf ó 4000 N.

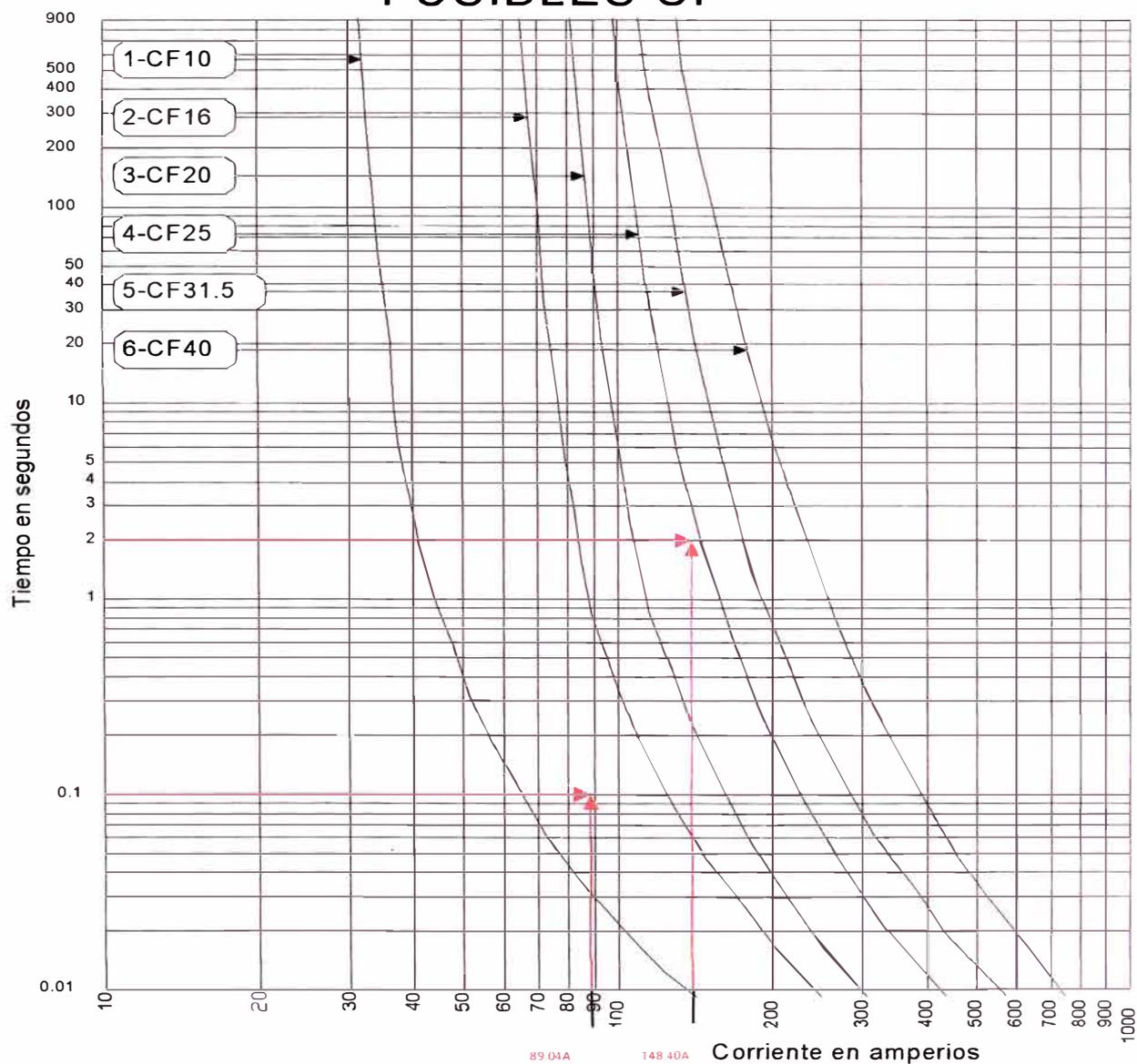
3.2.3 Dimensionamiento de la protección del transformador

En el lado de media tensión

En la celda de llegada donde se encuentra el seccionador de potencia tripolar se instalarán los fusibles tipo CF de acuerdo a la potencia del transformador 315 kVA y para una tensión de operación de 22.9 KV los cuales no deberán actuar cuando el transformador se energiza, y deberán actuar en caso el transformador este sujeto a corrientes altas que dañen su vida útil.

DESCRIPCIÓN	TIEMPO	FACTOR	INTENSIDAD
Intensidad Nominal del Transformador	-	I_n	7.42 A
Corriente de Inserción	0.1 s	12 I_n	89.04 A
Corriente de Daño	2 s	20 I_n	148.40 A

FUSIBLES CF



De la grafica característica Tiempo /corriente de los fusibles tipo CF se seleccionara un fusible de 20 A

En el lado de baja tensión

Para el lado de baja tensión se tiene una máxima demanda de 250 kW y la correspondiente corriente nominal es:

$$I_{n_{BT}} = \frac{MD}{\sqrt{3} \times 0.46 \text{ kV} \times \cos\phi} = \frac{250 \text{ kW}}{\sqrt{3} \times 0.46 \text{ kV} \times 0.85}$$

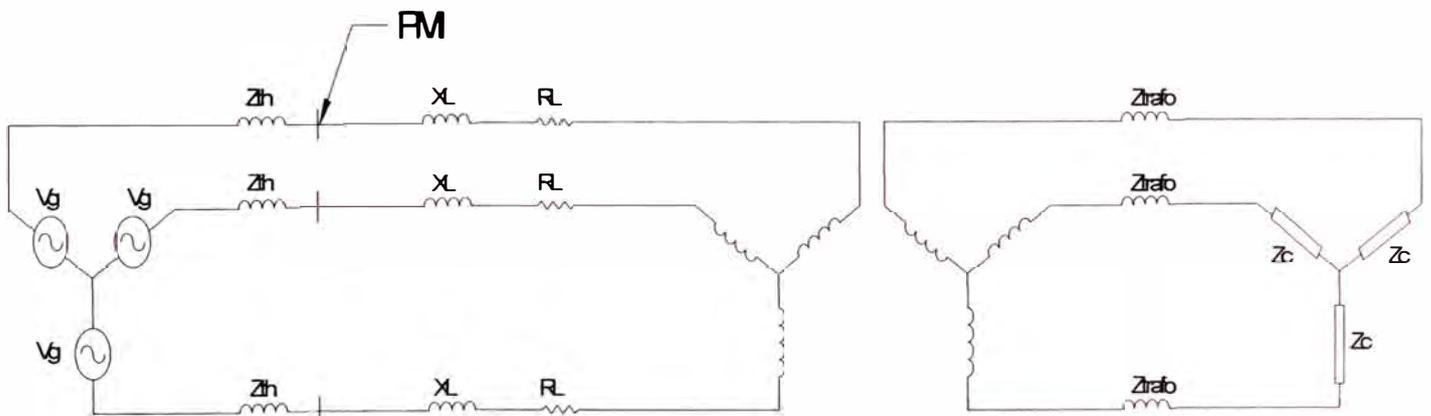
$$I_{n_{BT}} = 369.15 \text{ A}$$

El interruptor a elegir será un ITM regulable $I_n = (320-400) \text{ A}$

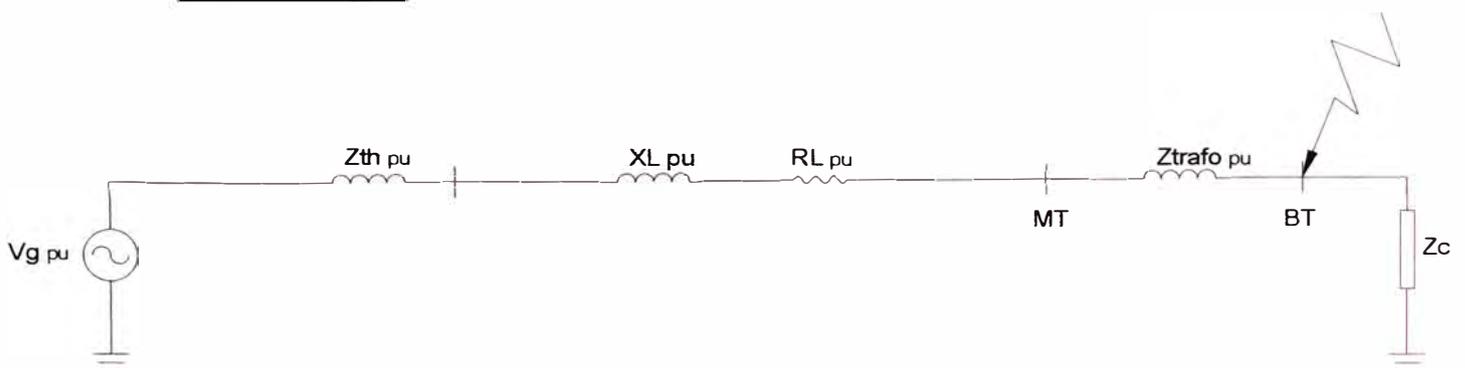
Además se debe hallar su capacidad de ruptura para esto hallaremos el

Circuito en P.U. del sistema desde el punto de entrega:

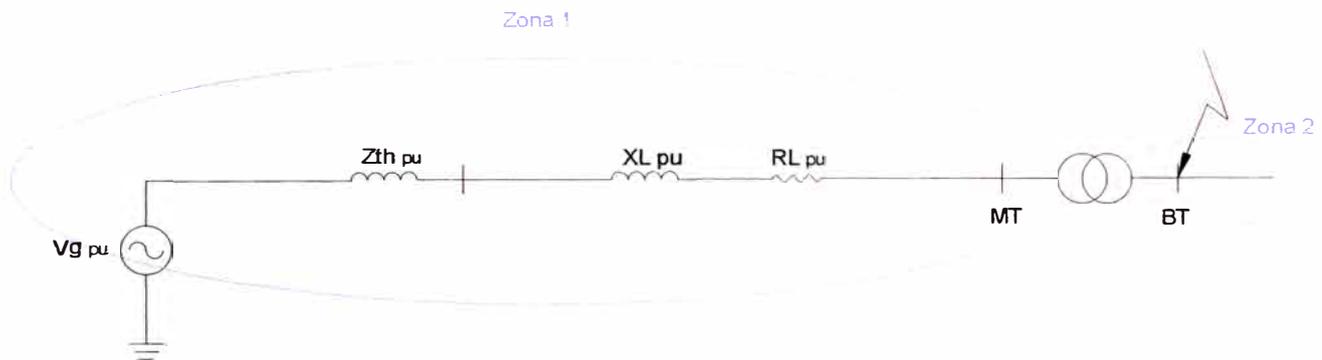
Circuito 3Φ equivalente según datos de la concesionaria



Circuito en p.u.



Ahora determinaremos las zonas y valores base necesarios para hallar la I_{cc} en el lado secundario del transformador.



Ahora en la zona 1 tomamos $V_{BASE\ 1}=22.9\text{ kV}$ $N_{BASE}=100\text{ MVA}$

Ahora como en el punto de entrega la tensión es 22.9 kV entonces

$$V_G = 1 \angle 0^\circ$$

$$V_{base1} = 22.9\text{ kV}$$

$$Z_{base1} = \frac{V_{base1}^2}{N_{base}}$$

$$Z_{base1} = \frac{22.9\text{ kV}^2}{100\text{ MVA}} = 5.2441\ \Omega$$

$$\frac{V_{base1}}{V_{base2}} = \frac{22.9\text{ kV}}{0.46\text{ kV}}$$

$$V_{base2} = V_{base1} \times \frac{0.46}{22.9} = 22.9 \times \frac{0.46}{22.9}$$

$$V_{base2} = 0.46\text{ kV}$$

$$I_{base2} = \frac{N_{base}}{\sqrt{3} \times V_{base2}}$$

$$I_{base2} = \frac{100\text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 0.46\text{ kV}} = 125.5109\text{ kA}$$

Cálculo de la reactancia del Transformador dada por el fabricante en P.U de la nueva Base

$$Z_{\text{TrafoPU1}} = 4\%$$

$$Z_{\text{TrafoPU1}} = 0.04 j$$

$$Z_{\text{TrafoPU}} = Z_{\text{TrafoPU1}} \times \frac{N_{\text{base2}}}{N_{\text{base1}}} \times \left(\frac{V_{\text{base1}}}{V_{\text{base2}}} \right)^2$$

$$Z_{\text{TrafoPU}} = 0.04 j \times \frac{100 \text{MVA}}{0.315 \text{MVA}} \times \left(\frac{22.9 \text{kV}}{22.9 \text{kV}} \right)^2$$

$$Z_{\text{TrafoPU}} = 12.6984 j$$

Cálculo de las impedancias del circuito en P.U.

$$Z_{th} = \frac{V_{\text{ptoDiseño}}^2}{S_{cc}}$$

$$Z_{th} = \frac{22.9^2 \text{ kV}}{200 \text{MVA}} = 2.6221 j \Omega$$

$$Z_{th_{pu}} = \frac{Z_{th}}{Z_{\text{base1}}}$$

$$Z_{th_{pu}} = \frac{2.6221 j \Omega}{5.2441 \Omega} = 0.5 j$$

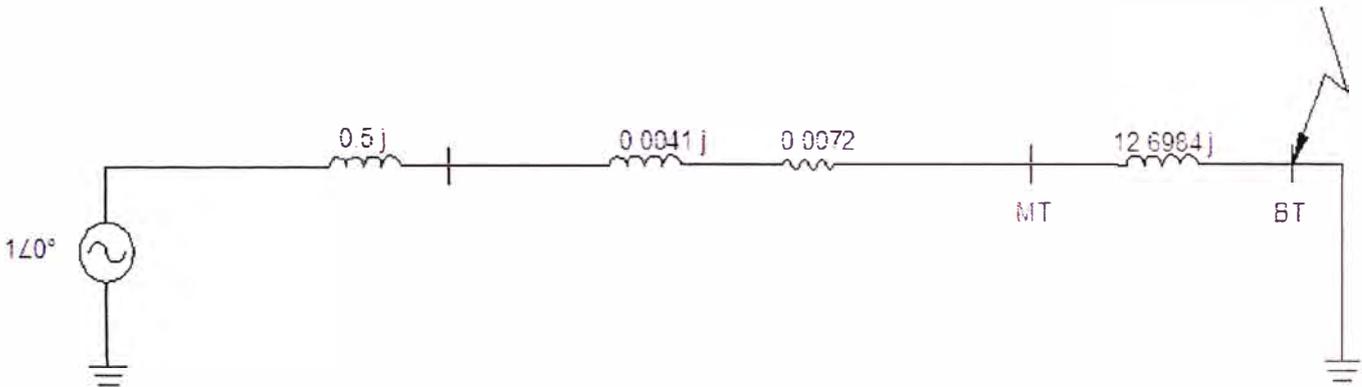
$$Z_{L_{pu}} = \frac{Z_L}{Z_{\text{base1}}} = \frac{R_L + X_L}{Z_{\text{base1}}}$$

$$R_L = R \times L = 0.4935 \times 0.077 = 0.038 \Omega$$

$$X_L = X \times L = 0.2761 j \times 0.077 = 0.0213 j \Omega$$

$$Z_{L_{pu}} = \frac{R_L + X_L}{Z_{\text{base1}}} = \frac{0.038 \Omega + 0.0213 j \Omega}{5.2441 \Omega} = 0.0072 + 0.0041 j$$

Luego del cálculo de las impedancias en P.U. el circuito es:



Luego la corriente de cortocircuito en el lado de BT del transformador en P.U. es:

$$I_{cc_{BT_{pu}}} = \frac{1\angle 0^\circ}{Z_{th_{pu}} + Z_{L_{pu}} + Z_{trafo_{PU}}}$$

$$I_{cc_{BT_{pu}}} = \frac{1\angle 0^\circ}{0.5j + 0.0072 + 0.0041j + 12.6984j} = \frac{1\angle 0^\circ}{0.0072 + 13.2025j}$$

$$I_{cc_{BT_{pu}}} = 0.0757\angle -89.9688^\circ$$

$$I_{cc_{BT_{pu}}} = \frac{I_{cc_{BT}}}{I_{base2}} \Rightarrow I_{cc_{BT}} = I_{cc_{BT_{pu}}} \times I_{base2}$$

$$I_{cc_{BT}} = 0.0757 \times 125.5109 \text{ kA}$$

$$I_{cc_{BT}} = 9.51 \text{ kA} \text{ Intensidad de cortocircuito lado secundario}$$

El interruptor a elegir será:

ITM (320-400) A, 25 kA, 500V

3.2.4 Coordinación de la protección

Para una corriente de falla en el lado de (22.9kV) de las barras de la subestación el fusible 20CF del seccionador tripolar de potencia deberá actuar antes que el fusible 25K ubicado en el poste de seccionamiento.

Tiempo de Apertura de fusible 20CF del seccionador de potencia: 0.01 s

Para el fusible ubicado en el PMI:

Tiempo de apertura de la protección: 0.02 s (Dato Luz del Sur S.A.A.)

Entonces T (apertura de la protección) $>$ T (fusible 20CF)

0.02 s $>$ 0.01 s

Además si la falla fuera en el secundario del Transformador el Tiempo (apertura del ITM) = 0.008seg (dato del fabricante) para $I_{cc_{BT}}=9.51\text{kA}$ (en el lado de BT)

$\therefore T$ (apertura Protección) $>$ T (Fusible 20CF) $>$ T (Interruptor 400A)

0.02 s $>$ 0.01s $>$ 0.008 s

Con lo cual se demuestra la correcta coordinación de la protección.

3.2.5 Cálculo de ventilación

Cuando se instalan transformadores con refrigeración natural en interiores por ejemplo cabinas, deben efectuarse aberturas de aireación suficientemente grandes en estas cabinas por encima y por debajo del transformador, para disipar el calor mediante la aireación natural.

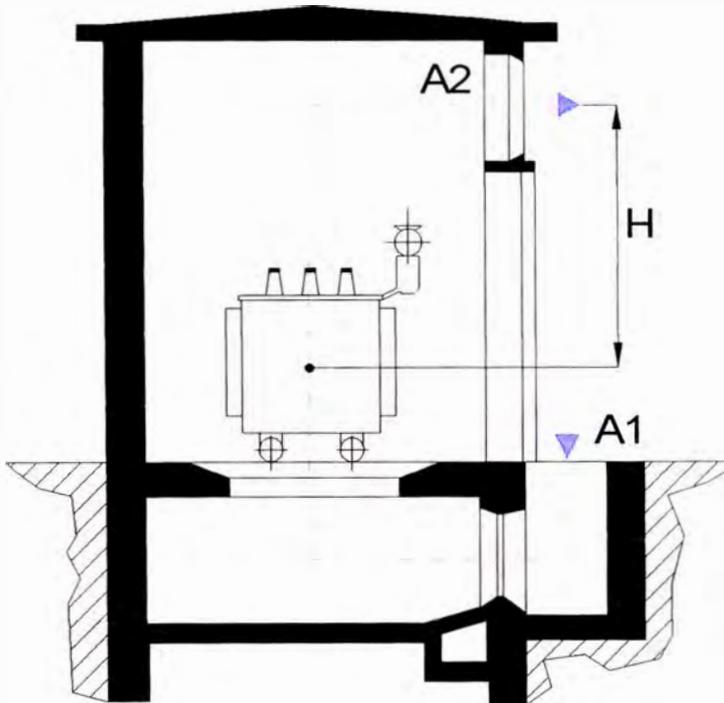
Parámetros de diseño según norma VDE

Para transformadores de construcción normal se puede partir de un aumento de temperatura del aire de:

$$\Delta\theta \approx [12 - 20]K$$

Subestación de transformación

Entrada de aire por debajo del nivel terreno, salida de aire por una abertura en la pared de la celda



De la subestación antes mencionadas se tiene:

A1 : Sección de entrada de Aire

A2 : Sección de Salida de Aire

H : Altura de chimenea

Resistencia del Trayecto de Ventilación (R)

$$R = R_1 + m^2 R_2$$

Donde:

R_1 = Coeficiente de aceleración y resistencia en el canal de entrada

R_2 = Coeficiente de aceleración y resistencia en el canal de salida

m = Relación entre la sección A_1 del canal de entrada y la sección A_2 del

canal de salida $m = \frac{A_1}{A_2}$

Para el cálculo de R_1 y R_2 deben tomarse los siguientes valores para los coeficientes de aceleración o resistencia individuales.

Aceleración	1
Codo de 90°	1,5
Codo redondeado	1
Codo de 135°	0,6
Cambio gradual de dirección.....	[0-0,6]
Rejilla de alambres.....	[0,5-1]
Rejilla de laminas	[2,5-3,5]
Aumento de sección.....	[0,25-0,9] ¹⁾

Nota

- 1) El valor inferior se aplica para una relación de sección de entrada /sección de la celda de 1:2 el valor superior para una relación de 1:10

Las condiciones de ventilación se pueden calcular con la ecuación

$$(\Delta\theta)^3 H = 13,2 \frac{P_v^2}{A_1} R$$

Donde:

$\Delta\theta$: Diferencia de temperatura entre el aire de entrada y el de salida

$$\Delta\theta \approx 20C^\circ$$

H : Altura de chimenea

P_v : Perdidas totales del transformador (kW)

R : Resistencia del trayecto de ventilación $R=R_1+m^2R_2$

Datos del proyecto a considerar para el cálculo

Transformador de 315 kVA

Perdidas en el fierro=1 kW

Perdidas en el cobre=5.4 kW

Las pérdidas totales son:

$$P_v = 1 + 5.4 = 6.4 \text{ kW}$$

Determinación del caudal de aire necesario para la ventilación

La máxima temperatura que deben tener los transformadores refrigerados por aceite es de 40C° de manera que la diferencias de temperaturas con el ambiente es:

$$T_{amb} = 25 \text{ C}^\circ$$

$$\Delta T = T_s - T_i = 40 - 25 = 15 \text{ C}^\circ$$

La cantidad de aire de refrigeración necesaria para evacuar esta diferencia de temperaturas será:

$$Q = 54 \frac{P_T}{\Delta T} \left(\frac{m^3}{\text{min}} \right)$$

Remplazando:

$$Q = 54 \frac{6.4 \text{ kW}}{15 \text{ C}^\circ}$$

$$Q = 23.04 \frac{m^3}{\text{min}}$$

Dimensionamiento de la sección de entrada y salida de aire de ventilación

Se determinan los coeficientes de aceleración y resistencia en el canal de entrada y de salida:

Entrada de Aire:

- ◆ Aceleración=1
- ◆ Rejilla de alambres=0.75
- ◆ Codo 90°=1.5

- ◆ Codo de 90°=1.5
- ◆ Aumento de sección=0.28

La sección de la celda de transformación es:

$$A_{\text{CELDA}}=1.4 \text{ m} \times 1.65 \text{ m}=2.31 \text{ m}^2$$

La sección de entrada de aire $A_1=1 \text{ m}^2$

Interpolando se obtiene

$$\frac{0.9 - x}{0.65} = \frac{10 - 2.31}{10 - 2}$$

$$x = 0.28$$

El coeficiente de aceleración y resistencia en el canal de entrada R1es:

$$R_1=1+0.75+1.5+1.5+0.28$$

$$R_1=5.03$$

Salida de aire:

- ◆ Aceleración=1
- ◆ Codo de 90° (techo) =1.5
- ◆ Rejilla de Laminas=3

El coeficiente de aceleración y resistencia en el canal de salida R2 es:

$$R_2=1+1.5+3$$

$$R_2=5.5$$

El valor de m es:

$$m = \frac{A_1}{A_2} = \frac{1}{1.62} = 0.61$$

$$m^2 = 0.38$$

El valor de la resistencia del trayecto de ventilación R es:

$$R = R_1 + m^2 R_2$$

$$R = 5.03 + 0.38 \times 5.5$$

$$R = 7.1$$

Remplazando en la fórmula

$$(\Delta\theta)^3 H = 13,2 \frac{P_v^2}{A_1} R$$

$$(15)^3 1.95 = 13,2 \frac{P_v^2}{1} \times 7.1$$

$$p_v = 8.4 \text{ kW}$$

$$8.4 \text{ kW} > 6.4 \text{ kW}$$

Dado que nuestras pérdidas totales del transformador (P_v) calculadas son mayores que la de nuestro transformador, entonces nuestra subestación cumplirá satisfactoriamente con los requerimientos de ventilación.

3.2.6 Cálculo de puesta a tierra

3.2.6.1 Cálculo del cable de puesta a tierra

a) Lado de media tensión

De acuerdo a lo estipulado por el CNE-U tabla 51, se tiene que para un cortocircuito a tierra de 5 kA y considerando conductor con uniones empemadas y una máxima duración de falla de 0.5 segundos, se tendrá:

$$S = 25 \text{ mm}^2$$

∴ Se empleará un conductor de cobre de 25mm² para el pozo de MT.

b) Lado de baja tensión

Para el cálculo de la corriente nominal I_n en el lado de baja tensión:

$$I_n = \frac{250 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \times 0.46 \text{ kV} \times 0.85}$$

$$I_n = 369.15 \text{ A}$$

De acuerdo a lo estipulado por el CNE-U en la tabla N° 17 “Secciones Mínimas de Conductores de Tierra para Sistemas de Corriente Alterna o Conductores de Tierra Comunes” nos indica que para corrientes en el rango de [356-475]A la sección del conductor de puesta a tierra deberá ser de 70 mm².

Separación de Pozos

Según los planos del proyecto habrá 3 pozos y según regla 190-302 del CNE-U deberán estar separados una longitud mínima de 2 m o la longitud de la varilla de puesta a tierra es decir una distancia mínima de 2.4 m.

3.2.6.2 Cálculo de la resistencia de puesta a tierra

La resistencia de puesta a tierra (R_T) de pozos tratados considera la excavación, el relleno y el tratamiento utilizado para la instalación, esta resistencia se obtiene de la siguiente manera:

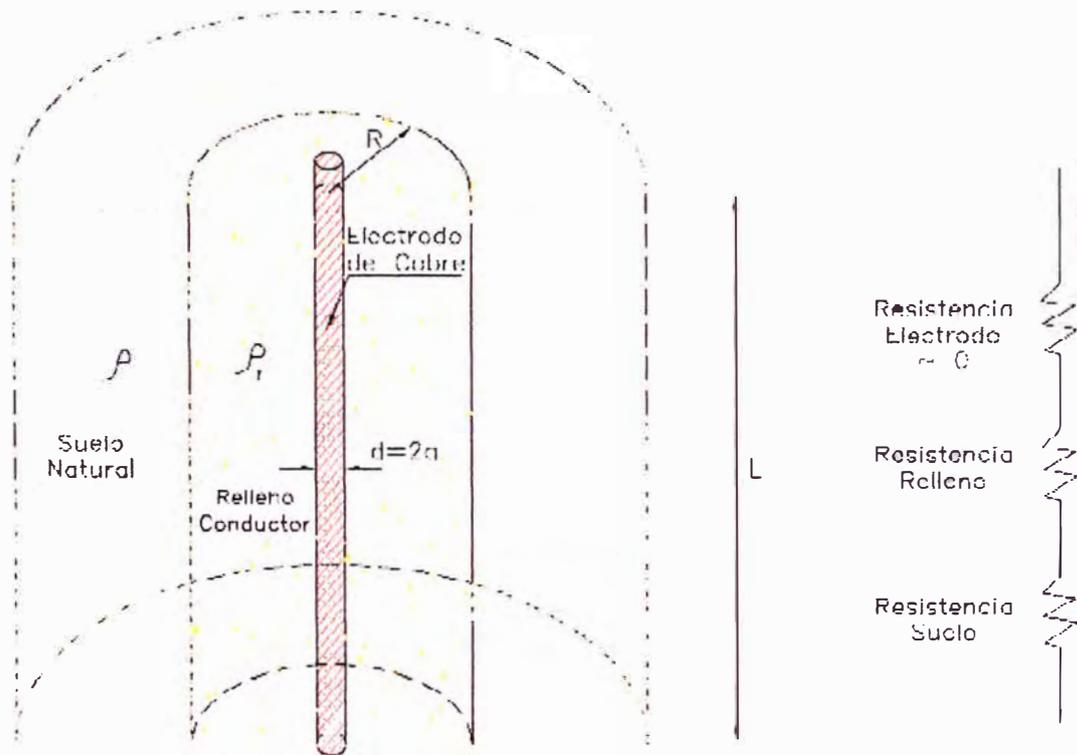
$$R_T = \overset{\approx 0}{R_m} + R_r + R_d$$

Donde:

R_m : Resistencia propia del metal del electrodo ($R_m \approx 0$)

R_r : Resistencia del relleno en la zanja o el pozo depende de la resistividad (ρ_r) de la mezcla utilizada

R_d : Resistencia de dispersión del electrodo mejorado respecto de la tierra remota, depende del tratamiento del suelo



$$R_T = R_r + R_d$$

$$R_T = \frac{\rho_r}{2\pi L} \ln\left(\frac{R}{a}\right) + \frac{\rho}{2m\pi L} \ln\left(\frac{2L}{R}\right)$$

Donde:

ρ_r : Resistividad del relleno

L : Longitud vertical del electrodo enterrado

R : Radio de excavación del pozo a tierra [0.4 m - 0.6 m]

a : Radio del electrodo de puesta a tierra

ρ : Resistividad eléctrica del terreno (ohm-m).

m : El factor de tratamiento del suelo, $3 < m < 8$

Los datos para los pozos de puesta a tierra del proyecto son:

- Medida de la resistividad eléctrica del terreno $\rho = 60 \Omega\text{-m}$
- Electrodo: Varilla de cobre puro 2.4 m x 16 mm ϕ
- Mejoramiento de suelo: Sal+Bentonita+Agua
- Factor de tratamiento del suelo $m \approx 6$
- Relleno 2m³: Tierra Sitio + Bentonita (50kg/m³)
- Resistividad del Relleno $\rho_r \approx [3-10] \Omega\text{-m}$
- Radio de excavación $R=0.5 \text{ m}$

Cálculo inicial

$$L=2.4-0.1=2.3 \text{ m}$$

$$a=0.016/2=0.008 \text{ m}$$

Reemplazando en la formula:

$$R_T = \frac{10}{2\pi \cdot 2.3} \ln\left(\frac{0.5}{0.008}\right) + \frac{60}{12\pi \cdot 2.3} \ln\left(\frac{2 \times 2.3}{0.5}\right)$$

$$R_T = 2.86 + 1.54 = 4.4 \Omega$$

$$R_T = 4.4 \Omega$$

El valor de la resistencia cumple con lo exigido por le CNE el cual debe ser menor a 25 Ω

CAPÍTULO IV

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

4.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPOS Y MATERIALES

4.1.1 CABLE N2XSY 50MM2 DE 18/30kV

El cable de media tensión tiene las siguientes características:

Tipo	:	N2XSY
Conductor	:	Cobre
Sección	:	50 mm ²
Tensión nominal	:	18/30 kV
Capacidad (s/corrección)	:	187 A
Temperatura Max. de operación	:	90 °C
Resistencia del cable	:	0.494 Ω/km
Reactancia	:	0.2761 Ω/km
Normas de fabricación	:	ITINTEC 370.050

4.1.2 DUCTOS DE CONCRETO

Uso : Protección Mecánica de paso de cables
subterráneos en cruzadas.

Material : Concreto aligerado con poliestireno

N° Vías	: 2
Longitud	: 1 m
Diámetro de la vía	: 125 mm
Carga de trabajo	: 1000 kgf
Carga de rotura	: 2000 kgf

4.1.3 BUZÓN DE PASO PARA CABLES SUBTERRÁNEOS DE MT

Uso	: Cambios de dirección de cables subterráneos
Material	: Concreto armado
Material de Tapa	: Concreto
Dimensiones de tapa	: 80 cm x 80 cm
N° Vías de 4" de diámetro	: 8
N° Vías de 6" de diámetro	: 2

Dimensiones

Largo x Ancho x Profundidad: 1.3 m x 1.3 m x 1.2 m

4.1.4 CINTA SEÑALIZADORA

Cinta señalizadora de color rojo

Uso	: Señalización de cables de Media tensión
Material	: Polietileno
Ancho	: 125 mm
Elongación	: 250 %.
Espesor	: 1/10 mm.
Color	: Roja
Inscripción	: " <i>Peligro de muerte 22,900 voltios</i> ", en letras negras.

Cinta señalizadora de color celeste

Uso : Identificación de cables particulares

Material : PVC

Ancho : 100 mm

Color : Celeste

Forma : Lineal y lisa

4.1.5 CELDA DE LLEGADA 22.9 kV, 60 Hz

La celda de llegada es del tipo autosoportada y concepto modular, de frente muerto y acceso frontal de construcción sólida y arreglo según plano con las siguientes características básicas:

Estructura : Plancha hierro laminado en frio, LAF 2 mm

Panel lateral. izq. y post. : Plancha de hierro laminado en frio LAF 2 mm

División : Plancha de hierro laminado en frio LAF 2 mm

Ángulos de soporte : 2" x 2" x 3/16"

Puerta : Plancha de fierro laminado en frio LAF 2 mm
abisagrada, adicionalmente tendrá una malla metálica de protección N°10 y cocada 1"x1"

Acabado : Pintado dos capas de base anticorrosiva y dos capas de esmalte gris.

Rotulación : "Celda de llegada", "Peligro Riesgo Eléctrico".

Normas de Fabricación : IEC 60157 / ANSI C 57.12.

DIMENSIONES

Ancho x Alto x Profundidad: 1,4 m x 2.5 m x 1.4 m

4.1.6 SECCIONADOR FUSIBLE DE POTENCIA TRIPOLAR

El Seccionador Fusible de Potencia tiene un mecanismo de desconexión automática a la fusión de cualquiera de los fusibles o manualmente con palanca de maniobra.

Las características del seccionador fusible son:

Tensión de Servicio	: 22.9 kV
Tensión Nominal	: 24 kV
Corriente Nominal	: 400 A
Frecuencia nominal	: 60 Hz
Corriente de cortocircuito admisible (1seg)	: 16 kA
Capacidad de cierre sobre cortocircuito	: 40 kA
Tensión de ensayo a Frecuencia Industrial	: 60 kV
Tipo de montaje	: Interior (frontal)
Nivel básico de aislamiento (BIL)	: 125 kV
Norma de Fabricación y Pruebas	: IEC 60265 / IEC 60420

4.1.7 FUSIBLE LIMITADOR DE CORRIENTE

Tipo	: Interior CF
Tensión nominal	: 24 kV
Intensidad nominal	: 20 A
Capacidad de corte mínima	: 31.5 kA
Norma de Fabricación y Pruebas	: IEC 60282-1

4.1.8 SECCIONADOR UNIPOLAR

Para accionamiento manual en vacío, por medio de pértiga y tiene las siguientes características técnicas:

Tipo de instalación	: Interior
Tensión Nominal	: 24 kV
Corriente Nominal	: 400 A
Corriente de corta duración (I _{th})	: 16 kA
Tensión de Ensayo a Frecuencia Industrial	: 50 kV
Nivel básico de aislamiento (BIL)	: 125 kV
Norma de Fabricación y pruebas	: IEC 62271

4.1.9 TERMINAL INTERIOR TERMOCONTRAIBLE UNIPOLAR

El terminal viene en kits con conector para puesta a tierra y tiene las siguientes características técnicas:

Tipo de instalación	: Interior
Clase	: 1
Tensión	: 25 kV
Tipo	: Premoldeado, Termocontraible
Tipo de Cable	: Cable seco N2XSY [50-120] mm ²
Línea de fuga	: ≥ 400 mm
Normas de Fabricación y Pruebas	: IEEE Std 48 –1996

4.1.10 CELDA DE TRANSFORMACIÓN 315 kVA, 22.9/0,46 kV

La celda de transformación es del tipo autoportada fabricada en estructura angular, con las siguientes características básicas:

Estructura	: Plancha de fierro laminado en frio, LAF 2mm
Cubierta lateral derecha	: Plancha de fierro laminado en frio, LAF 2mm
Cubierta Lateral Izquierda	: Sin cubierta

Cubierta posterior y techo	: Sin cubierta
Ángulos de soporte	: 2" x 2" x 3/16"
Puerta	: Plancha de fierro laminado en frio LAF 2 mm Abisagrada, adicionalmente tendrá una malla metálica de protección N°10 y cocada 1"x1"
Acabado	: Pintado dos capas de base anticorrosiva y dos capas de esmalte gris.
Rotulación	: "Celda de transformación", "Peligro Riesgo Eléctrico".
Normas de Fabricación	: IEC 60157 / ANSI C 57.12.

DIMENSIONES

Ancho x Alto x Profundidad: 1,65 m x 2.5 m x 1.4 m

4.1.11 TRANSFORMADOR TRIFÁSICO DE 315 kVA

Transformador del tipo en baño en aceite, con arrollamientos de cobre y núcleo de hierro laminado en frio, enfriamiento natural previsto para las siguientes condiciones de servicio:

Potencia	: 315 kVA
Tensión en Primario	: 22.9 kV
Tensión en Secundario	: 0.46 kV
Frecuencia	: 60 Hz
Regulación en 22.9kV	: $\pm 2 \times 2.5$ %
Grupo de conexión	: YNyn6
Altura de trabajo	: 1000 msnm
Numero de fases	: 3
Aisladores de MT/BT	: 4/4

Normas de Fabricación	: ITINTEC 370-002/IEC 76
Nivel de temperatura	: -5 C° a +40 C°
Contenido de PCB	: menor a 2 ppm
Peso	: 1235 Kg

Incluye los siguientes accesorios:

- Placa de características
- Conmutador de tomas con mando sobre la tapa para ser accionado sin tensión y con bloque mecánico en cada posición.
- Tanque conservador con indicador de nivel de aceite.
- Ganchos de suspensión independientes para levantar la parte activa ó el transformador completo.
- Grifo de vaciado y extracción de muestras de aceite
- Tubo de llenado de aceite con tapón incorporado.
- Borne para conexión a tierra de la cuba del transformador.
- El Transformador contará con un Protocolo de Pruebas actualizado, certificado por una institución reconocida.

4.1.12 AISLADOR PORTABARRA

Tipo de instalación	: Interior
Material	: Porcelana
Tensión Nominal	: 24 kV
Esfuerzo de Rotura	: 400 Kg.
Línea de fuga	: 400 mm
Nivel básico de aislamiento	: 125 kV
Altura del aislador (H)	: 210 mm ± 1%
Normas de fabricación y pruebas	: ANSI C29.10

4.1.13 BARRAS DE COBRE RECTANGULAR

Material	: Cobre electrolítico 99.9%
Conductividad Eléctrica 20 C°	: 56 m/Ω.mm ²
Resistencia específica a 20 C°	: 0.0178 Ω.mm ² /m
Densidad	: 8.9 Kg/dm ³
Norma de Referencia	: DIN 43671

4.1.14 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

La subestación tiene un sistema de puesta a tierra conformado por tres pozos independientes, para baja tensión, media tensión y el neutro respectivamente, con los siguientes valores mínimos:

Para pozo de Baja Tensión ≤ 15 Ω

Para pozo de Media Tensión ≤ 25 Ω

Para pozo de neutro ≤ 25 Ω

Cada pozo de tierra estará conformado por:

01	Unid	Varilla de cobre de 5/8" x 2.40 m.
01	Unid	Conector AB
02	Bolsa	Bentonita de 50 kg.
100	Kg	Sal grano industrial cloruro de sodio.
01	Unid	Caja de registro de concreto con tapa.

4.1.15 CONDUCTORES DE PUESTA A TIERRA

El conductor cableado que se utiliza como línea de puesta a tierra, para MT es de 25 mm² y para BT de 70 mm²; con las siguientes características:

Material	: Cobre
Color	: Amarillo

Aislamiento	: PVC
Clase	: 2
Tensión de diseño E°/E (V)	: 450/750 V
Temperatura de operación	: 80 C°
Normas de Fabricación y Pruebas	: NTP 370.252

4.1.16 ELEMENTOS AUXILIARES DE PROTECCIÓN Y MANIOBRA

Para maniobras en la Subestación de Transformación se debe contar con los siguientes elementos:

Pértiga de maniobra con aislamiento de 30 kV

Uso	: Maniobra de seccionadores unipolares en vacío
Tipo	: Auto enlazable
Longitud Aprox.	: 1.60 m
Tensión nominal	: 30kV
Material	: Fibra de vidrio recubierta de resina epoxica

Está compuesto por:

- 1 elemento base (A) con campana.
- 1 gancho de maniobra de bronce cupro-aluminio niquelado, de 0.12Kg, cabezal de unión U3 (hexagonal de 21 mm).

Guantes dieléctricos

Uso	: Trabajos eléctricos en media tensión
Tensión de utilización	: Hasta 26, 5 kV
Clase	: 3
Material	: Latex
Espesor mínimo	: 2.6 mm

Longitud : 14" de largo
Categoría M : Gran resistencia mecánica
Norma de Fabricación : IEC 60963/ASTM-D-120

Casco de seguridad

Casco de seguridad para uso eléctrico de color blanco con rache y barbiquejo, hasta una tensión de 30kV con las siguientes características:

Clase : E
Tipo : I
Tensión de Prueba a 60Hz por 3 min. : 20 kV
Norma de Fabricación : ANSI Z-89.1-1997

Banco de maniobra con aislamiento 24 kV

De tipo interior, fabricado de material aislante moldeada, monobloc, con plataforma de 50 x 50 cm, con las siguientes características técnicas:

Nivel de tensión : 24 kV
Atura : 220 mm
Peso : 3.7 Kg

Botines de seguridad dieléctricos 24 KV

Material : Cuero con planta de caucho dieléctrico
Rigidez dieléctrica : 10 kV durante 1 min.
Resistencia de aislamiento : 15 MΩ para 1 kV D.C por 1min.
Norma de Fabricación : NTP 20347 / ASTM-F-2412

Revelador de tensión

Para ser utilizado con pértiga con las siguientes características técnicas:

Material : Epoxi glass, fibra de vidrio u otro similar

Señal : Auditiva y luminosa

Tensión Nominal : 25kV

Placas de señalización “Peligro de muerte “

Señalización de peligro de muerte con fondo de color amarillo y dibujo representativo en color negro de dimensiones: 20 cm x 30 cm

Cartilla de seguridad

La subestación cuenta con una cartilla de seguridad, la cual indica el procedimiento seguro para realizar: corte de energía, cambio de fusibles, mantenimiento, etc.

Extintor

Extintor de polvo químico seco tipo ABC de 12 kg de capacidad, ubicado dentro de la subestación en un lugar accesible y a 1.20 m sobre el nivel del piso.

4.1.17 TABLERO DE BAJA TENSIÓN

El tablero de distribución de baja tensión es del tipo exterior, está ubicado fuera de la subestación cerca a la pared (límite de propiedad).

El conexionado es con cables NYY que salen de los bornes de BT de la subestación; estos cables pasan a través del conexionado de PVC de 4” que

se encuentra a 60 cm debajo del piso de la subestación y llega al tablero de distribución que se encuentra exterior a la subestación.

El tablero está conformado por los siguientes equipos:

- ITM 3x400 A, 25 kA, 500 V como Interruptor General.
- ITM 3x250 A
- ITM 3x250 A
- ITM 3x100 A
- Medidor Multifunción Clase 0.2 y Equipos de Instalación

4.2 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE MONTAJE

Los equipos y materiales a ser suministrados se instalarán completamente con sus accesorios en sus sitios respectivos, mencionado en los planos de acuerdo a especificaciones técnicas del fabricante, normas de montaje de la concesionaria y manuales.

En la instalación de los equipos y materiales dentro de la subestación se respetarán las distancias seguridad de los conductores desnudos, barras y otras partes vivas desnudas de acuerdo a la tabla N°30 del CNE-Utilización:

Tensión Nominal [kV]	Fase a fase	Fase a tierra
	Interior [mm]	Interior [mm]
22.9 kV	270	190

4.2.1 INSTALACIÓN DEL CABLE N2XSY

EXCAVACIÓN

- Para el cable directamente enterrado se excavara zanja de 0.60 m x 1.60m
- Para el cable que irá en ducto de concreto de 2 vías se excavara zanja de 0.6 m x1.55 m

- Para el cable que irá en tubería de PVC se excavara zanja de 0.6 m x 1.1 m

CRUZADA

Previo solado de concreto de 5 cm de espesor y 40 cm de ancho a lo largo de la cruzada se instalaran los ductos de concreto de 2 vías de 125 mm de diámetro y 1 m de longitud, estos irán envueltos en cinta celeste y estarán a una profundidad de 1.5 m. Los ductos saldrán una longitud mínima de 50 cm del límite lateral de la calzada, su instalación será por medio de 4 operarios 2 a cada lado de la zanja apoyados sobre una plataforma de fierro con base de madera la cual debe sobresalir como mínimo 20 cm del borde de la zanja ,los ductos se sujetaran con sogas y/o fajas de cuero de 3.5 m como mínimo .Una vez dentro de la zanja dos operarios la trasladaran a su punto de ubicación final .

Una vez instalado los ductos se procederá a su unión en sus extremos y se colocara papel húmedo en toda la unión y se sellara con mezcla de mortero 1:2, las entradas y salidas deben estar emboquilladas a fin de evitar aristas o perfiles afilados luego estas serán taponeadas con yute alquitranado para evitar el ingreso de material extraño.

TENDIDO

- Reconocimiento del recorrido de la zanja, cruzadas e inspección de los equipos y herramientas para el tendido.
- Instalación de los polines previa capa de tierra cernida compactada de 10 cm de espesor; los polines deberán ser metálicos (aluminio) y con rodamiento, y deberán instalarse cada 2 m y se tendrá en cuenta lo siguiente: Polín de alineación para tramos rectos, polín esquinero para

tramos curvos y polín largo para tramo entre el porta bobina y el extremo de zanja.

- Instalación de la bobina del cable en la portabobina haciendo uso de la grúa.
- Se procederá a distribuir a personal a lo largo de la zanja, los cuales guiarán los cables a través de los polines a lo largo de la zanja y deberá haber un personal tanto en la entrada y salida de la cruzada de ductos de concreto para que guíen el cable hacia los polines con ayuda de soguillas; para el tramo que va en ducto de PVC-P de 6" se procederá a pasar el cable de la misma forma con personal tanto en la entrada y salida del ducto además se deberá tener mucho cuidado en lo que respecta el radio mínimo de curvatura del cable instalado será 0.5 m como mínimo.
- El tendido será secuencial fase por fase, se iniciará con la fase que está hacia la pared de la zanja, luego la fase intermedia y luego la fase que está hacia la otra pared. Una vez concluido el tendido de una fase, se pasará a retirar el cable del polín de manera cuidadosa tendiéndolo en la cama de tierra cernida compactada, esto se hará con el apoyo de 6 personas dispuesta 2 m una de la otra. Una vez culminado el tendido se procederá al peinado de los cables conservando la distancia de 7cm uno del otro, esto se tomará en cuenta peinando la fase del centro y haciéndola coincidir con el eje de la zanja adicionalmente se envolverá con cinta celeste los cables para que sean identificados como red eléctrica particular.
- Una vez finalizado el tendido colocar capuchones en los extremos del cable

CIERRE de ZANJA

a) Cable directamente enterrado

Encima de los cables envueltos en cinta celeste que descansan sobre la capa de 10 cm de tierra cementada compactada, se tenderá una capa de tierra cementada compactada de 20 cm, luego irá una hilera de ladrillo macizo colocado longitudinalmente en toda su extensión colocando 4 ladrillos por metro y después de 30 cm de tierra cementada compactada la cinta roja señalizadora posteriormente 90 cm tierra original compactada (sin piedras), por último resane de la vereda de 10 cm de espesor.

b) Cable en ductos de concreto

Se procede al cierre de la zanja con tierra cementada compactada hasta una distancia de 10 cm por encima de la parte superior de los ductos, luego se rellenará con tierra original sin piedras compactada y a 30 cm por debajo de la base de la calzada de concreto se colocará la cinta roja señalizadora, luego una capa de 15 cm adicionales de tierra original sin piedras compactada, luego irá 15 cm de material afirmado compactado; además en los extremos de la cruzada se construirá pilcas con mortero 1:8 las cuales saldrán 30 cm del límite lateral de la calzada, por último resane de calzada de concreto.

c) Cables en tubería de PVC-P

Encima de los cables que se encuentran en la tubería de PVC-P de 6" envuelta en cinta celeste que descansa sobre la capa de 10 cm de tierra cementada compactada, se tenderá una capa de 20 cm de tierra cementada compactada, luego irá una hilera de ladrillo macizo colocado longitudinalmente en toda su extensión colocando 4 ladrillos por metro, luego 30 cm de tierra original compactada sin piedras irá la cinta roja señalizadora posteriormente

40 cm de tierra original compactada, por ultimo resane de piso de concreto de 10 cm de espesor.

Nota:

La profundidad de instalación de 1.5 m para los cables en la vía pública es por recomendación del Municipio. Los detalles y cortes del recorrido del cable se muestran en el plano IE-01.

4.2.2 MONTAJE DE SUBESTACIÓN ELÉCTRICA PARTICULAR

Transformador convencional

Se montara sobre los perfiles C en la celda de transformación, se cuidara que los aisladores del transformador estén completamente limpios y en buen estado. Todas las partes metálicas deben ir puestos a tierra rigurosamente.

Se verificara lo siguiente:

- Chequear que las conexiones a los bornes y a tierra estén bien ajustadas y propiamente dimensionadas.
- Verificar que la ventilación que se ha dispuesto para el transformador es suficiente.
- Verificar el correcto nivel de aceite y adecuado anclaje del transformador con sus rieles de apoyo.
- Abrir las válvulas que permiten la libre circulación de aceite así como los respiraderos.
- Seleccionar la adecuada posición del conmutador de tomas, el cual debe ser maniobrado con el transformador desenergizado.

- Comprobar la continuidad de los devanados de alta y baja tensión y verificar la relación de transformación en toda y cada una de las posiciones del conmutador, confrontándolo con el protocolo de pruebas.
- Medir la resistencia de aislamiento de AT – BT, AT-Masa y BT-Masa con el Megometro y comparar con los valores obtenidos en el protocolo.

Aisladores Portabarra y barras de cobre

Los aisladores antes de su instalación deberán ser limpiados y ser revisados con minuciosidad de que no presenten ralladuras o picaduras. Durante el montaje debe evitarse que sufra daño alguno que dañe su esmalte y deberá asegurarse que los pernos de montaje sean ajustados a la presión correspondiente sin ejercer torsión excesiva que pueda dañar a los aisladores o pernos.

Las barras de Cu serán manejadas y tratadas con cuidado, para evitar su deformación, raspaduras o cualquier otro daño que pueda afectar su funcionamiento. Cada fase será pintada con dos capas de pintura de base de Vinilo con colores distintos y de acuerdo al Código Nacional de Electricidad, cada tramo tendrá extremos sin pintar, una longitud de 2cm. aproximadamente.

4.2.3 INSTALACIÓN DE POZO DE PUESTA A TIERRA

Para instalar los pozos de tierra se realizará una excavación 3 m de profundidad con una abertura de 1 m de diámetro, finalizada la excavación se procederá a preparar una solución de 25 kg de sal en un cilindro de agua

aprox. 150 Lts y se vierte en el pozo esperando a que sea absorbido, luego se procederá a esparcir 15 kg de sal en el fondo del pozo (cama). La tierra extraída de la excavación previamente cernida se mezcla en seco con la bentonita en una relación de 50 kg de bentonita por (m^3) de relleno, se vierte la mezcla de relleno con abundante agua de modo que en el fondo del pozo se forme una argamasa de 1.2 m de altura desde el fondo, se coloca el electrodo en el eje del pozo de modo que su extremo superior quede a 20cm como mínimo por debajo del nivel del suelo; se prepara una nueva solución de 25 kg de sal y 150 lts de agua la cual se vierte en el pozo esperando que sea absorbido, inmediatamente se esparcen 10 Kg de sal en la periferia interna del pozo y se continua el vaciado de la mezcla del relleno con abundante agua deteniéndose a 50 cm por debajo de la superficie del suelo, nuevamente se prepara una solución con los 25 kg de sal restante y se vierte al pozo esperando que sea absorbido, se procede al relleno final del pozo con la misma tierra original mezclada con la piedra menuda para darle permeabilidad. Una vez terminado el relleno del pozo se procede a la instalación de la tapa bóveda cuya tapa deberá quedar a una distancia no menor de 20 cm de la parte superior del electrodo.

Posteriormente se conectara la varilla de cobre con el cable de 25 mm^2 por medio de conector AB de 5/8" para MT y cable de 70 mm^2 para BT, colocando luego la caja de registro, ver detalles en el plano IE-02.

Los pozos de tierra para baja, neutro de transformador y media tensión, estarán separados por una distancia de por lo menos 2 m ó la longitud del electrodo de 2.4 m.

4.2.4 PRUEBAS Y PUESTA EN SERVICIO

En los conductores

a) Secuencia de fases

Se verificará que la posición de los conductores esté en secuencia de fases y que los colores normalizados usados correspondan a:

- Fase R : Rojo
- Fase S : Negro
- Fase T : Azul

b) Conductividad eléctrica

Se cortocircuitará uno de los extremos de los cables y se medirá la resistencia eléctrica de las tres fases.

c) Nivel de aislamiento

Luz del Sur realizará las pruebas de aislamiento del cable de MT 22.9 kV y dará la conformidad del Sistema de Utilización antes de la puesta en servicio.

En el transformador

Se analizará los protocolos del fabricante y se verificará el nivel del aceite, el sello de la tapa de llenado de aceite y del deshumecedor.

En el sistema de puesta a tierra

En la subestación se medirá cada pozo de tierra su resistencia y esta no debe ser mayor a:

- Lado media tensión : No mayor de 25 Ω
- Lado baja tensión : No mayor de 15 Ω
- Lado neutro MT : No mayor de 25 Ω

CAPÍTULO V

METRADO

5.1 METRADO

En el presente Proyecto se toma el metrado de acuerdo a lo siguiente:

METRADO DE OBRA

ÍTEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
1.00	TRABAJOS PRELIMINARES		
1.01	Medición y trazado	Glb	1.00
1.02	Transporte de materiales, herramientas y equipos	Glb	1.00
1.03	Vigilancia	Glb	1.00
1.04	Trazo y replanteo de obra	Glb	1.00
2.00	MATERIALES DE LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MT		
2.01	Cable N2XSY 1x50mm ² 18/30 kV	Mts	240.00
2.02	Terminal termocontraible interior 50 mm ² , 24 kV	Kit	1.00
2.03	Terminal a compresión 50 mm ²	Und	3.00
2.04	Abrazadera para cable N2XSY 50 mm ²	Und	3.00
2.05	Ducto mortero de 2 vías, 125mm ϕ	Mts	14.00
2.06	Cinta señalizadora roja MT	Mts	80.00
2.07	Cinta señalizadora celeste MT cable particular.	Mts	80.00
3.00	MATERIALES S.E. CONVENCIONAL DE MT		
3.01	Transformador Convencional 22.9 / 0.46 KV - 315 KVA.	Und	1.00
3.02	Cobre pletina 5 mm esp. X 40 mm de ancho	Mts	7.50
3.03	Cobre pletina 5 mm esp. X 30 mm de ancho	Mts	6.50
3.04	Cobre pletina 3 mm esp. X 30 mm de ancho	Mts	21.00
3.05	Seccionador tripolar de potencia 400A, 24kV	Und	1.00
3.06	Fusible limitador de corriente CF 20 A, 24kV.	Und	3.00
3.07	Seccionador unipolar 400 A, 24 kV	Glb	3.00
3.08	Celda de Llegada 1.4 m x 1.4 m x 2.5 m – 24 kV	Glb	1.00
3.09	Celda de Transformación 1.65 m x 1.4 m x 2.5 m – 24 kV	Glb	1.00
3.10	Aislador portabarra de porcelana 24 kV, 400 kg	Und	9.00

4.00	MATERIALES DE POZO A TIERRA		
4.01	Varilla de cobre de 5/8" x 2.40 m.	Und	3.00
4.02	Conector de puesta a tierra tipo AB de 5/8"	Und	3.00
4.03	Conductor eléctrico amarillo TW 1x25 mm ²	Mts	9.00
4.04	Conductor eléctrico amarillo TW 1x70 mm ²	Mts	3.00
4.05	Bentonita de 50 kg	bolsa	6.00
4.06	Sal grano industrial cloruro de sodio.	Kg	300.00
4.07	Caja de registro de concreto con tapa.0.5m x 0.5m x 0.4m	Und	3.00
4.08	Tubo PVC-P 2"	Mts	12.00
5.00	INSUMOS Y AGREGADOS		
5.01	Arena gruesa	M3	2.00
5.02	Arena fina	M3	5.00
5.03	Cemento Portland tipo I (42.5 Kg)	bolsa	8.00
5.04	Tubo de PVC-P 6"φ	Mts	20.00
5.05	Ladrillo King KONG	Und	400.00
5.06	Concreto premezclado 175 kg/cm ³ para resane de veredas	M3	5.00
5.07	Afirmado	M3	1.50
5.08	Alquitrán	Gal	1.00
5.09	Pintura esmalte color rojo 1/8	Glb	1.00
5.10	Pintura esmalte color blanco 1/8	Glb	1.00
5.11	Pintura esmalte color verde 1/8	Glb	1.00
6.00	MANO DE OBRA DE LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MT		
6.01	Tendido de cable N2XS _Y 1x50mm ² 18/30 KV según normas	Mts	231.00
6.02	Montaje Terminal termocontraible	Glb	1.00
6.03	Apertura y cierre de zanja de media tensión 0.6mx1.5m	Mts	63.00
6.04	Cruzada de 2 VÍAS (no incluye rotura ni reparación)	Mts	14.00
6.05	Rotura y reparación de vereda.	Mts	25.00
6.06	Rotura y reparación de pista.	Mts	6.00
6.07	Servicio de Eliminación de Desmonte	M3	12.00
6.08	Pruebas de compactación	Glb	1.00
7.00	MANO DE OBRA S.E. CONVENCIONAL DE MT		
7.01	Montaje de celda de llegada de MT	Glb	1.00
7.02	Montaje de celda transformación de MT	Glb	1.00
7.03	Montaje de transformador convencional 22.9 /0.46 kV 315kVA	Und	1.00
7.04	Cableado de conductores de tierra	Glb	1.00
7.05	Construcción de pozo de P.T. Pruebas y Protocolos	Und	3.00
7.06	Rotulado, Pruebas Eléctricas y puesta en Servicio	Glb	1.00

5.2 PRESUPUESTO

PRESUPUESTO DEL PROYECTO**PROYECTO DEL SISTEMA DE UTILIZACIÓN EN 22.9kV PARA UNA PLANTA CONCRETERA**

Proyecto : MT 22.9 / 0.46kV

Distrito : Villa el Salvador

Provincia : Lima

Departamento : Lima

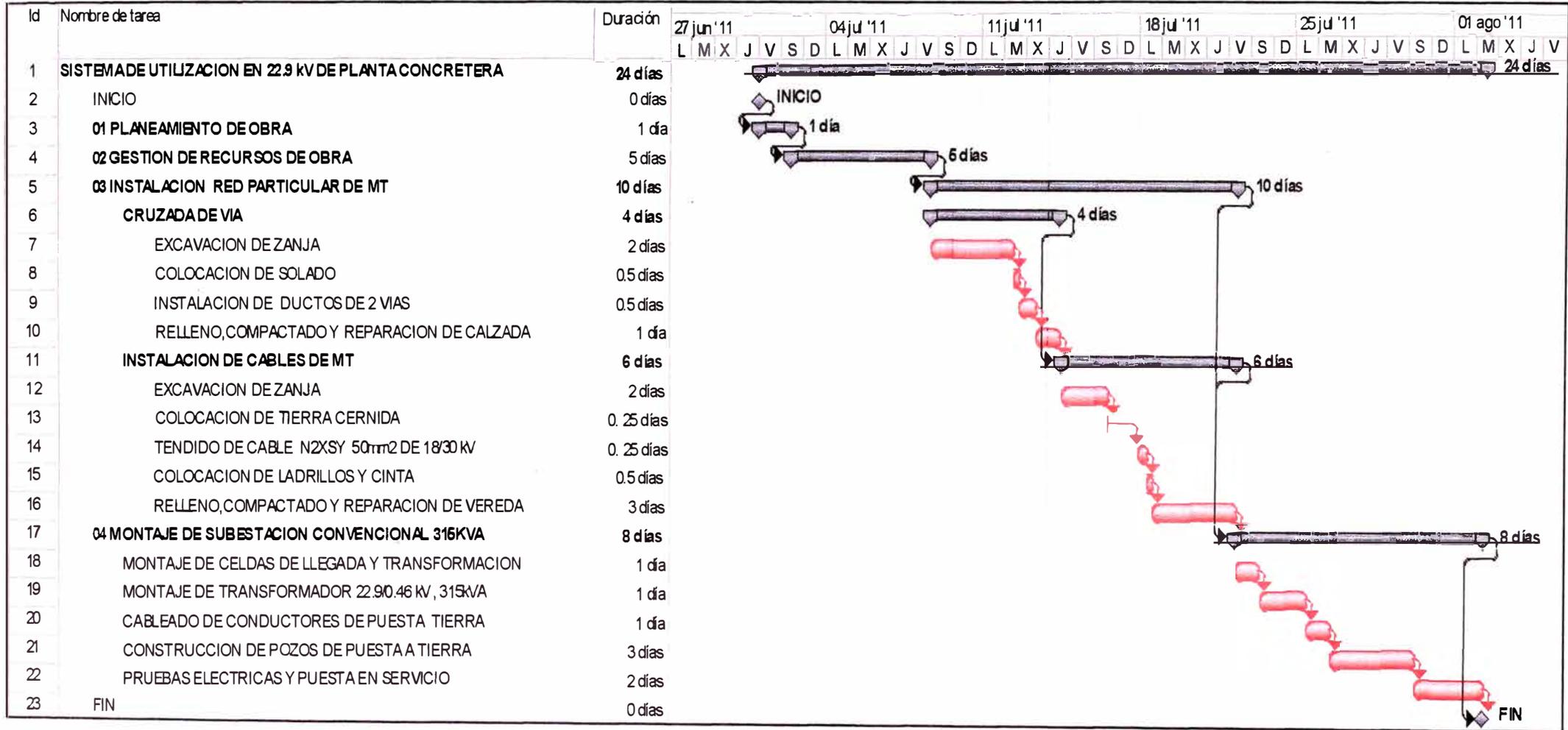
EM	DESCRIPCIÓN	UNID.	CANT.	P. UNIT. (S/.)	P. PARCIAL (S/.)	SUB TOTAL (S/.)
00	TRABAJOS PRELIMINARES					7229.20
01	Medición y trazado	Glb	1.00	829.20	829.20	
02	Transporte de materiales, herramientas y equipos	Glb	1.00	4000.00	4000.00	
03	Vigilancia	Glb	1.00	900.00	900.00	
04	Trazo y replanteo de obra	Glb	1.00	1500.00	1500.00	
1.00	MATERIALES DE LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MT					12470.25
1.01	Cable N2XSJ 1x50 mm ² 18/30 kV	Mts	240.00	46.99	11277.12	
1.02	Terminal termocontraible interior 50 mm ² ,24 kV	Kit	1.00	760.10	760.10	
1.03	Terminal a compresión 50 mm ²	Und	3.00	13.82	41.46	
1.04	Abrazadera para cable N2XSJ 50 mm ²	Und	3.00	15.20	45.61	
1.05	Ducto mortero de 2 vías,125 mm ϕ	Mts	14.00	21.28	297.96	
1.06	Cinta señalizadora roja MT	Mts	80.00	0.30	24.00	
1.07	Cinta señalizadora celeste MT cable particular	Mts	80.00	0.30	24.00	
3.00	MATERIALES S.E. CONVENCIONAL DE MT					41246.84
3.01	Transformador Convencional 22.9 / 0.46 KV - 315 kVA	Und	1.00	24599.60	24599.60	
3.02	Cobre pletina 5 mm esp. X 40 mm de ancho	Mts	7.50	61.53	461.48	
3.03	Cobre pletina 5 mm esp. X 30 mm de ancho	Mts	6.50	46.41	301.67	
3.04	Cobre pletina 3 mm esp. X 30 mm de ancho	Mts	21.00	27.60	579.60	
3.05	Seccionador tripolar de potencia 400A, 24kV	Und	1.00	5049.00	5049.00	
3.06	Fusible limitador de corriente CF 20 A, 24 kV.	Und	3.00	180.00	540.00	
3.07	Seccionador unipolar 400 A, 24 kV	Glb	3.00	486.00	1458.00	
3.08	Celda de Llegada 1.4m x 1.4m x 2.5m - 24kV	Glb	1.00	2763.00	2763.00	
3.09	Celda de Transformación 1.65m x 1.4m x 2.5m - 24 kV	Glb	1.00	4144.50	4144.50	
3.10	Aislador portabarra de porcelana 24 kV, 400kg	Und	9.00	150.00	1350.00	
4.00	MATERIALES DE POZO A TIERRA					955.98
4.01	Varilla de cobre de 5/8" x 2.40 m.	Und	3.00	135.00	405.00	
4.02	Conector de puesta a tierra tipo AB de 5/8"	Und	3.00	3.50	10.50	
4.03	Conductor eléctrico amarillo TW 1x25mm ²	Mts	9.00	8.50	76.50	
4.04	Conductor eléctrico amarillo TW 1x70mm ²	Mts	3.00	25.00	75.00	
4.05	Bentonita de 50kg	Bolsa	6.00	28.65	171.90	
4.06	Sal grano industrial cloruro de sodio.	Kg	300.00	0.34	102.00	

	Caja de registro de concreto con tapa.0.5m x 0.5m x 0.4m	Und	3.00	25.00	75.00	
	Tubo PVC-P 2"φ	Mts	12.00	3.34	40.08	
	INSUMOS Y AGREGADOS					2186.50
	Arena gruesa	M3	2.00	35.00	70.00	
	Arena fina	M3	5.00	32.00	160.00	
	Cemento Portland tipo I (42.5 Kg)	Bolsa	8.00	17.00	136.00	
	Tubo de PVC-P 6"φ	Mts	20.00	25.00	500.00	
	Ladrillo King KONG	Und	400.00	0.50	200.00	
	Concreto premezclado 175 kg/cm3 para resane de veredas	M3	5.00	206.60	1033.00	
	Afirmado	M3	1.50	35.00	52.50	
	Alquitrán	Gal	1.00	20.00	20.00	
	Pintura esmalte color rojo 1/8	Glb	1.00	5.00	5.00	
	Pintura esmalte color blanco 1/8	Glb	1.00	5.00	5.00	
	Pintura esmalte color verde 1/8	Glb	1.00	5.00	5.00	
	MANO DE OBRA DE LÍNEA SUBTERRÁNEA DE MT					7902.31
1	Tendido de cable N2XSy 50mm² 18/30 kV según normas	Mts	231.00	2.40	554.4	
2	Montaje Terminal termocontraible	Glb	1.00	276.40	276.4	
3	Apertura y cierre de zanja de media tensión 0.6m x 1.5m	Mts	63.00	43.00	2709	
4	Cruzada de 2 VÍAS (no incluye rotura ni reparación)	Mts	14.00	47.75	668.5	
5	Rotura y reparación de vereda.	Mts	25.00	73.41	1835.25	
6	Rotura y reparación de pista.	Mts	6.00	94.43	566.58	
7	Servicio de Eliminación de Desmonte	M3	12.00	39.14	469.68	
8	Pruebas de compactación	Glb	1.00	822.50	822.5	
	MANO DE OBRA S.E. CONVENCIONAL DE MT					3829.59
01	Montaje de celdas de llegada de MT	Glb	1.00	580.83	580.83	
02	Montaje de celda transformación de MT	Glb	1.00	258.15	258.15	
03	Montaje de transformador convencional 22.9 /0.46kV 315kVA	Und	1.00	361.41	361.41	
04	Cableado de conductores de tierra	Glb	1.00	300.00	300.00	
05	Construcción de pozo de P.T. Pruebas y Protocolos	Und	3.00	500.00	1500.00	
06	Rotulado, Pruebas Eléctricas y puesta en Servicio	Glb	1.00	829.20	829.20	
	Costo Directo S/.					75,820.67
	G. Generales S/.					9,856.69
	Utilidad S/.					7,582.07
	Sub Total S/.					93,259.42
	IGV (19%) S/.					17,719.29
	Total P. S/.					110,978.71
	TOTAL GENERAL S/.					110,978.71

5.3 CRONOGRAMA DE OBRAS

ÍTEM	TAREAS	DÍAS
	INICIO DE OBRA	
1	PLANEAMIENTO DE OBRA	1 día
2	GESTIÓN DE RECURSOS DE OBRA	5 días
3	INSTALACIÓN RED PARTICULAR DE MT	10 días
3.1	CRUZADA DE VÍA	4 días
3.1.1	EXCAVACIÓN DE ZANJA	2 días
3.1.2	COLOCACIÓN DE SOLADO	0.5 días
3.1.3	INSTALACIÓN DE DUCTOS DE 2 VÍAS	0.5 días
3.1.4	RELLENO, COMPACTADO Y REPARACIÓN DE CALZADA	1 día
3.2	INSTALACIÓN DE CABLES DE MT	6 días
3.2.1	EXCAVACIÓN DE ZANJA	2 días
3.2.2	COLOCACIÓN DE TIERRA CERNIDA	0.25 días
3.2.3	TENDIDO DE CABLE N2XSY 50 mm ² DE 18/30 kV	0.25 días
3.2.4	COLOCACIÓN DE LADRILLOS Y CINTA	0.5 días
3.2.5	RELLENO, COMPACTADO Y REPARACIÓN DE VEREDA	3 días
4	MONTAJE DE SUBESTACIÓN CONVENCIONAL 315 KVA	8 días
4.1	MONTAJE DE CELDAS DE LLEGADA Y TRANSFORMACIÓN	1 día
4.2	MONTAJE DE TRANSFORMADOR 22.9/0.46 kV , 315 kVA	1 día
4.3	CABLEADO DE CONDUCTORES DE PUESTA TIERRA	1 día
4.4	CONSTRUCCIÓN DE POZOS DE PUESTA A TIERRA	3 días
4.5	PRUEBAS ELÉCTRICAS Y PUESTA EN SERVICIO	2 días
	FIN DE OBRA	
	TOTAL	24 días

DIAGRAMA DE GANTT



CONCLUSIONES

- La corriente nominal es 7.42A esta es mucho menor a la capacidad de corriente corregida del cable de 113.46A tomando en cuenta los factores de corrección debido a condiciones reales de instalación.
- La corriente de cortocircuito máxima permisible en el cable N2XSY de 50mm² es 50.76kA este valor es muy superior a la corriente de cortocircuito del sistema en el punto de diseño que es 5.042kA.
- La caída de tensión del alimentador de MT desde el puesto de medición a la intemperie (PMI) hasta la subestación eléctrica particular proyectada es 0.56Voltios que equivale al 0.002%V_n esta caída de tensión es mucho menor que el 5%V_n, con lo cual se garantiza una buena calidad del servicio eléctrico.
- La capacidad de corriente de la barra colectora de 5x40mm es 573A este valor es muy superior a la corriente nominal que es 7.42A.
- La corriente de choque en las barras de la subestación es 12.73kA, por lo tanto las barras colectoras de sección 5x40mm, aisladores portabarra 24kV, 400kgf y los demás equipos de maniobra y seccionamiento soportaran con satisfacción los esfuerzos electrodinámicos y térmicos que implica dicha corriente.
- El modulo resistente de la barra colectora de 5x40mm es 1.33 cm³ este valor supera al modulo resistente mínimo de 0.125 cm³ con lo cual se asegura que la barra soportara el momento flector debido a los efectos

electrodinámicos con un factor de seguridad de 10.7

- Se eligió para el diseño la subestación tipo caseta , dentro de la gama de subestaciones que hay por los siguientes motivos tiene la ventaja de poder diseñarse con una previsión a futuro como es el caso de nuestro diseño que se puede ampliar hasta una potencia de 800 kVA que es más del 100% de la capacidad inicial, el 2do motivo que este tipo de subestación es más segura que una del tipo compacta o del tipo Aérea ,tercero en el local donde se instalo no existía restricciones de espacio que exigieran optar por modelo compactos y menos subterráneos.
- La fuerza máxima debido a los efectos electrodinámicos a la que estará sometido los aisladores es 12.86kgf, esta es menor a la carga de rotura de flexión de los aisladores seleccionados la cual es 400kgf.
- Las pérdidas de potencia calculadas para nuestro diseño son 8.4kW y son mayores a las pérdidas de nuestro transformador de 6.4kW esto nos garantiza una adecuada ventilación para el transformador de 315kVA proyectado en el interior de la subestación.

RECOMENDACIONES

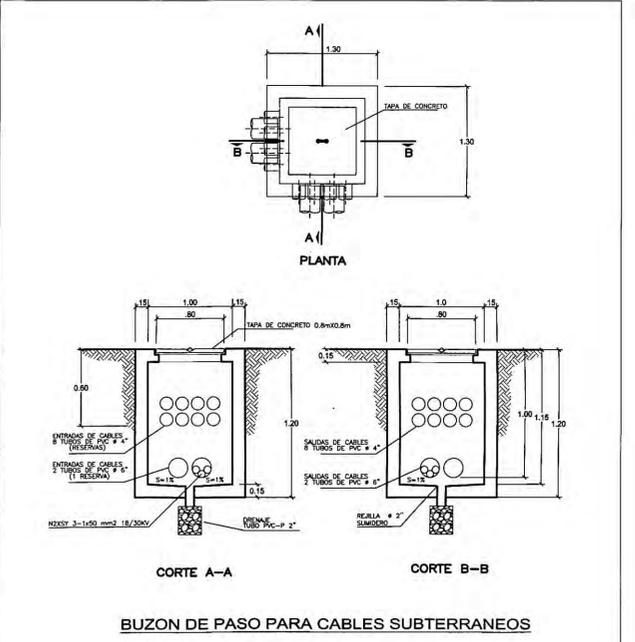
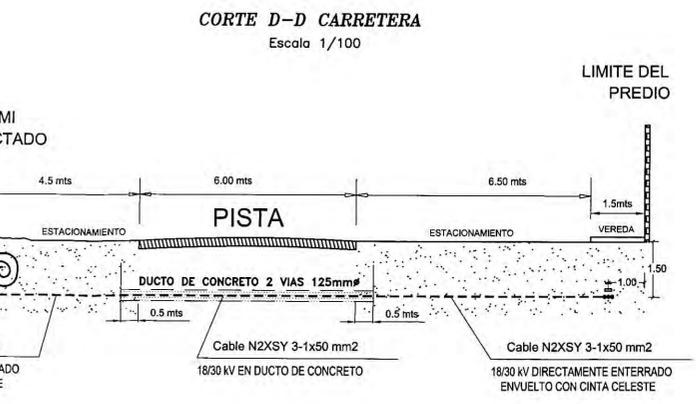
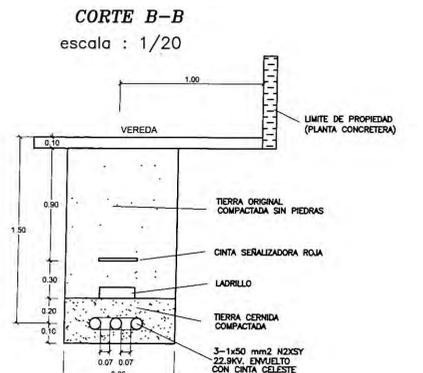
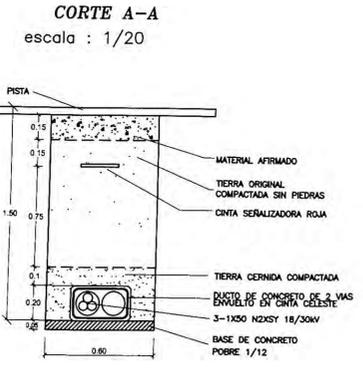
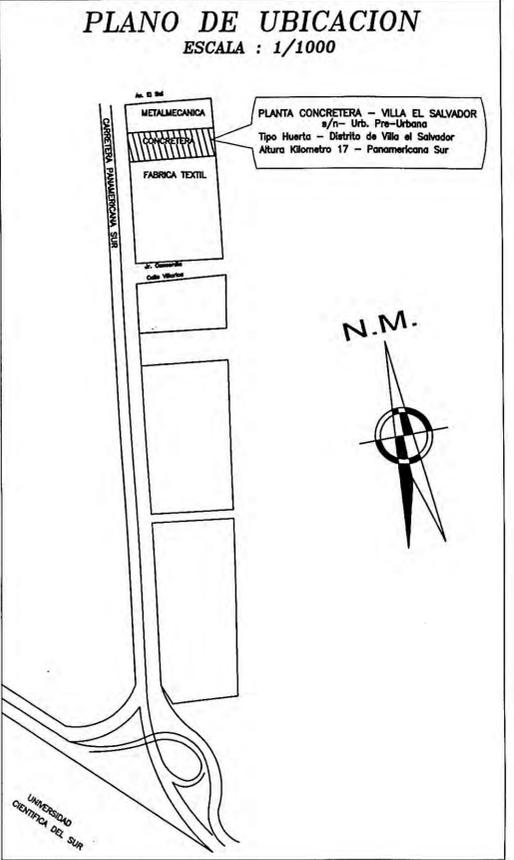
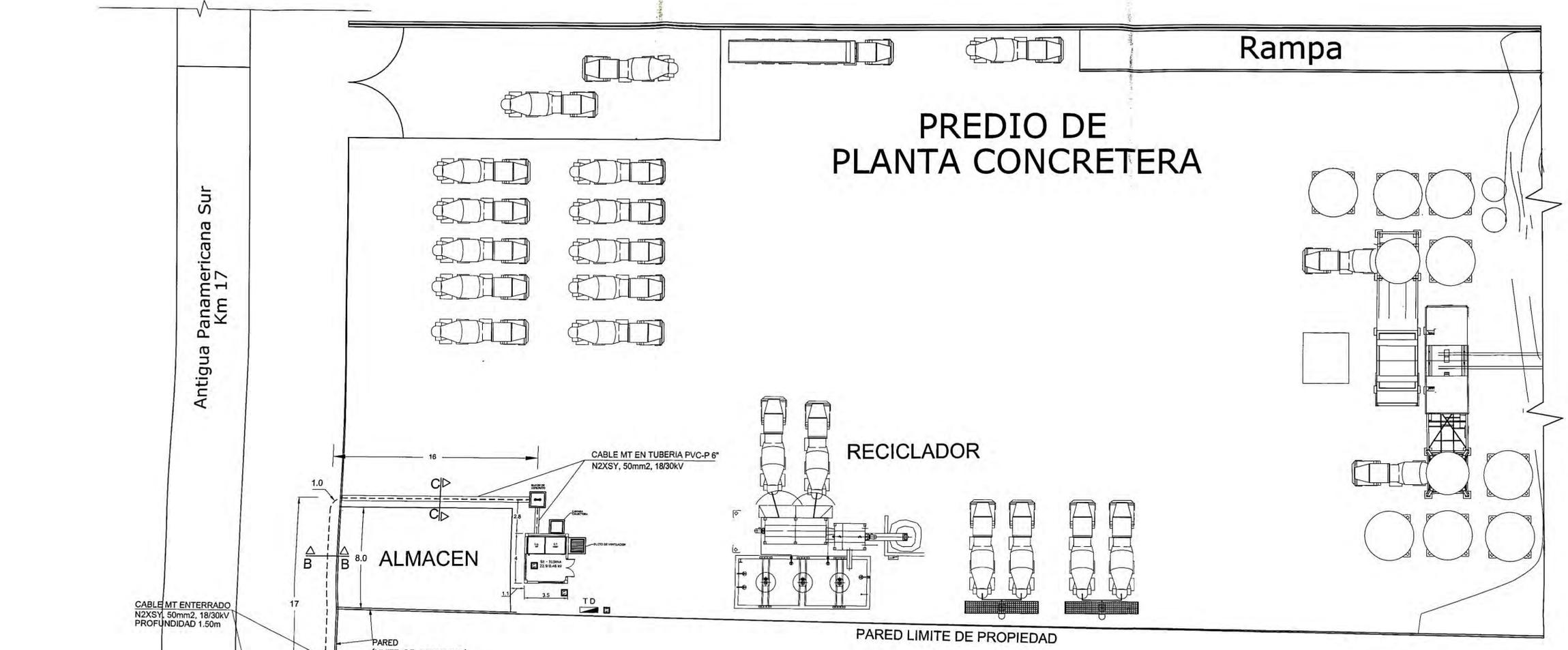
- Hacer un mantenimiento preventivo anual a la subestación verificando y/o controlando lo siguiente: Funcionamiento de los aparatos de protección, limpieza de los aisladores, ajuste de los pernos de conexión, prueba de rigidez dieléctrica del aceite, análisis físico químico del aceite y verificar el valor de la resistencia de puesta a tierra del tanque y neutro del transformador.
- Si en el cálculo de las barras colectoras nuestra sección elegida no soportara los esfuerzos electrodinámicos, entonces para no hacer uso de otra barra de mayor sección se recomienda añadir un juego de soportes dado que con esto disminuiríamos la longitud entre soportes y por ende la fuerza electrodinámica producida.
- Elegir materiales y equipos electromecánicos de reconocida calidad y garantía de acuerdo a las especificaciones técnicas del proyecto y cuyas marcas se encuentren incluidas en la lista de materiales técnicamente aceptables por la concesionaria.
- Se recomienda hacer un mantenimiento anual de los pozos de puesta a tierra humedeciendo con un volumen de 30 a 50 litros de agua o bien mediante la inundación controlada durante 30 minutos.
- Renovar el pozo aproximadamente cada 8 años, en la práctica dependerá del incremento de la resistencia del pozo, aun después del mantenimiento.

BIBLIOGRAFÍA

1. Manual de las Instalaciones de Distribución de Energía Eléctrica. Autor: Otto Guthman. Editorial: BROW BOVERI & CIE. 1983
2. Manual de Diseño de Subestaciones Autor: Centro cultural "Santiago Antúnez de Mayolo" CCIESAM.
3. Redes Eléctricas de Alta y Media Tensión para Conducir y Distribuir la Energía Eléctrica. Autor: Zoppetti Judez, Gaudencio. Editorial: Gustavo Gili. 1964
4. Manual del Técnico en Subestaciones Eléctricas. Autor: Enríquez Harper, Gilberto. Editorial: Limusa. 2008
5. Elementos de diseño de subestaciones eléctricas. Autor: Enríquez Harper, Gilberto. Editorial: Limusa. 2002
6. Protección de Instalaciones Eléctricas Industriales y Comerciales. Autor: Enríquez Harper, Gilberto. Editorial: Limusa. 2003
7. Manual de puestas a tierras aplicadas a sistemas eléctricos de transmisión. Autor: Justo Yanque Montúfar.
8. Sistema de transmisión y distribución de potencia eléctrica. Autor: Enríquez Harper, Gilberto. Editorial: Limusa. 2005
9. Proyecto de sistema de utilización en media tensión para uso industrial. Autor: Chinchihualpa González, Richard. 1999-Tesis
10. Código Nacional De Electricidad-Suministro-Utilización

PLANOS

EMPRESA METALMECANICA



- NOTAS**
- LONGITUD DEL CABLE L=77m, INCLUYENDO EL ROLLO PARA LA SUBIDA
 - POR INDICACIÓN DE LA MUNICIPALIDAD DE LIMA METROPOLITANA EL CABLE EN VIA PUBLICA DEBE INSTALARSE A 1.5m DE PROFUNDIDAD

PROYECTADO	EXISTENTE	DESCRIPCION
		P.M.I.
		DUCTO DE CONCRETO 2 VIAS-125mm ϕ
		CABLE N2XSY 3-1X50mm ² 18/30 KV
		TUBERIA DE PVC-P 6" ϕ

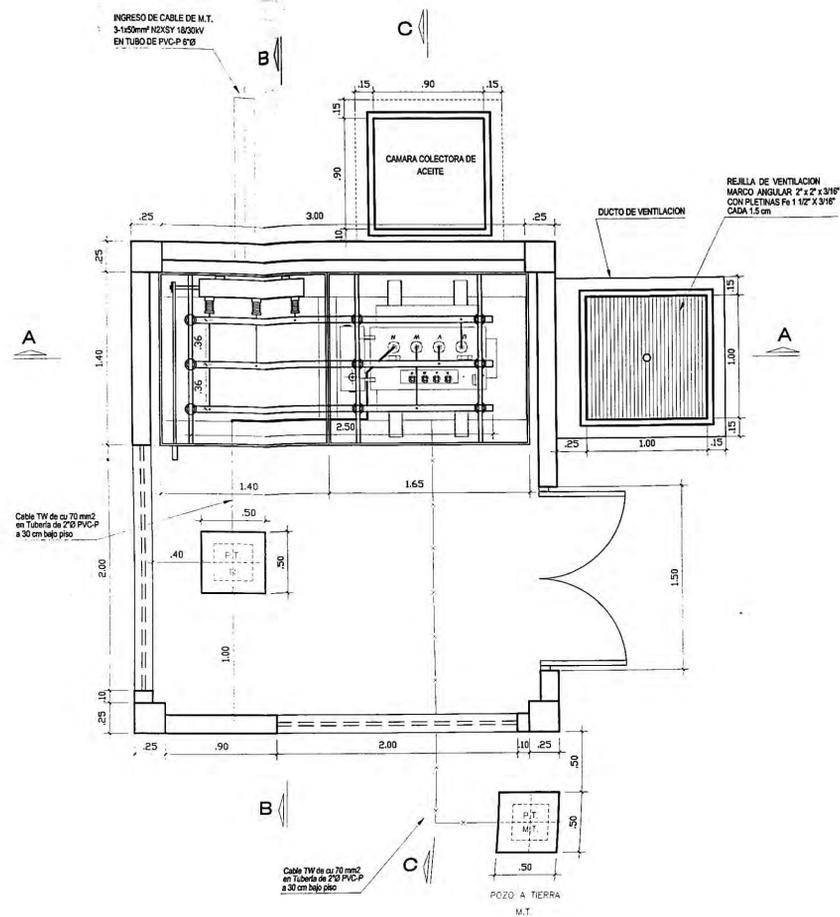
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

GRADUANDO : DANNY LUCAS SANCHEZ QUISPES

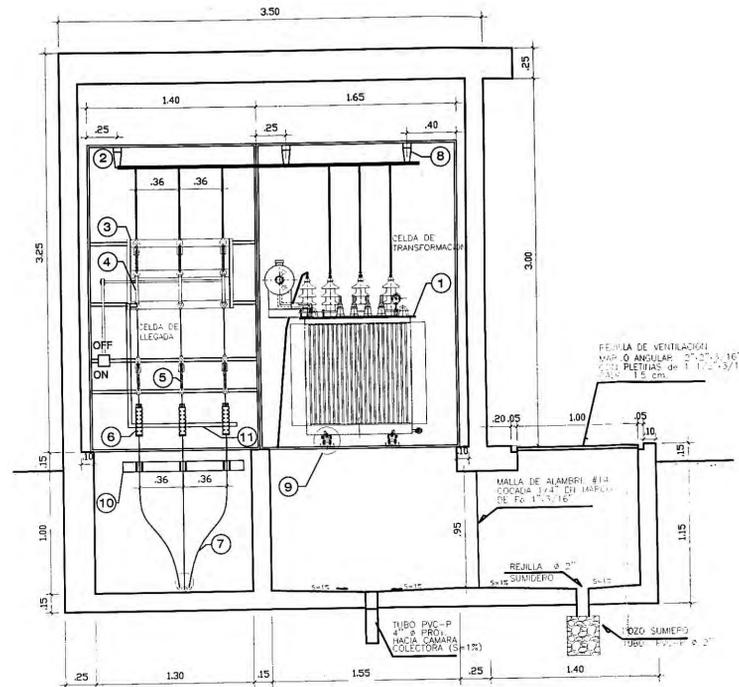
PROYECTO : SISTEMA DE UTILIZACION EN MEDIA 22.9 kV - PLANTA CONCRETERA PLANTA VILLA EL SALVADOR

PLANO : UBICACION Y RECORRIDO DE CABLE DE MEDIA TENSION 18/30 KV

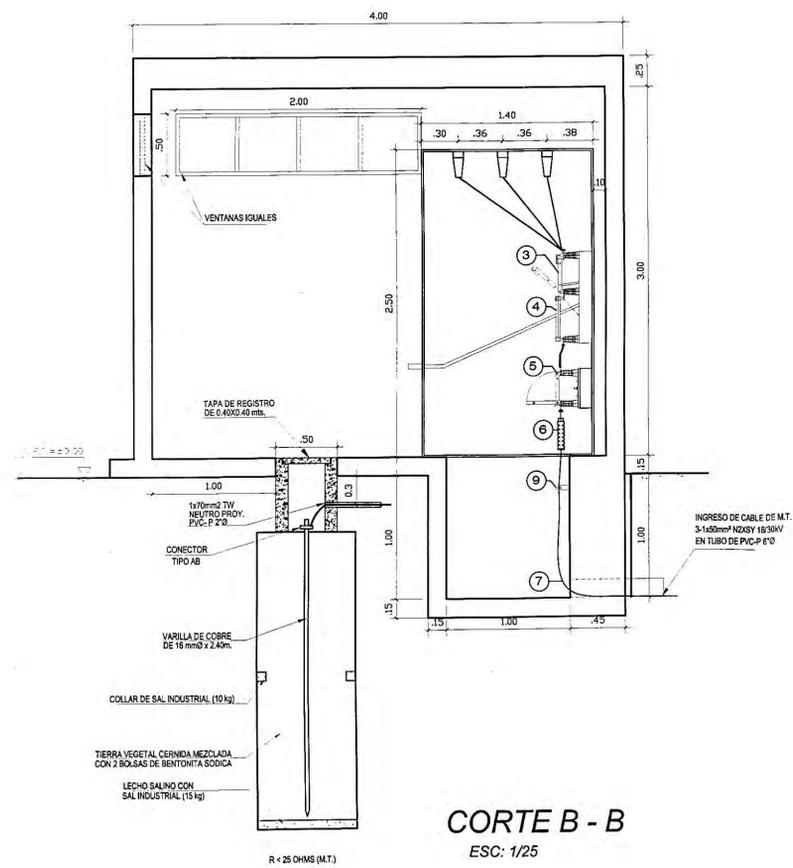
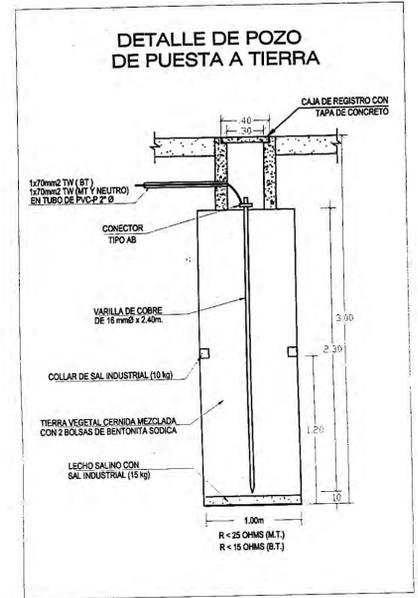
FECHA : JULIO 2011 ESCALA : 1/200 LAMINA : IE-01



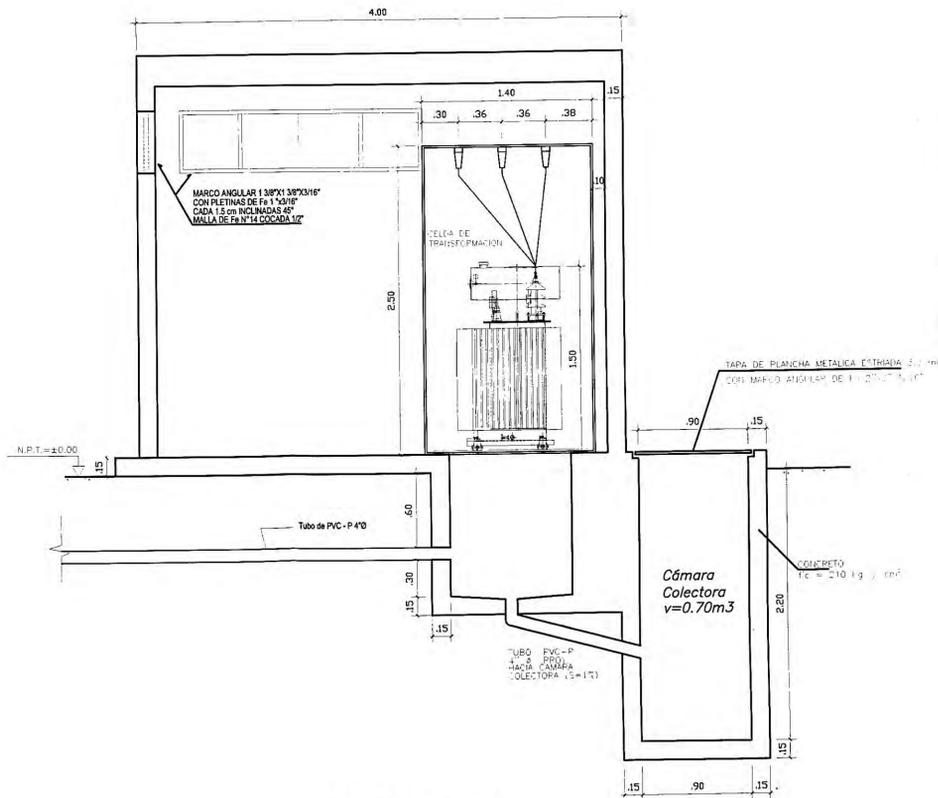
LEYENDA	
PROYEC.	DESCRIPCION
01	Transformador de distribución de 315 kVA, 22.9/0.46 KV, YNyn6.
02	Sistema de barras colectoras de Cu. electrolítico en platina de 5x40 mm.
03	Seccionador tripolar de potencia 400A, 24KV.
04	Fusible CF 20A, 24KV.
05	Seccionador unipolar 400A, 24KV.
06	Terminal tipo interior 24 kV, para cable N2XSY, 18/30 kV, 3-1x50 mm ² .
07	Cable de energía N2XSY - 18/30 kV, 3-1x50 mm ²
08	Aislador portabarra de porcelana 24KV, 400 Kgf
09	Perfil de hierro "C" 4" x 5/16" x 1 3/4"
10	Madera de sujeción de 1mx0.25mx0.08m con abrazaderas de Fo 1 1/2"
11	Platina de Cu de tierra 3x30 mm



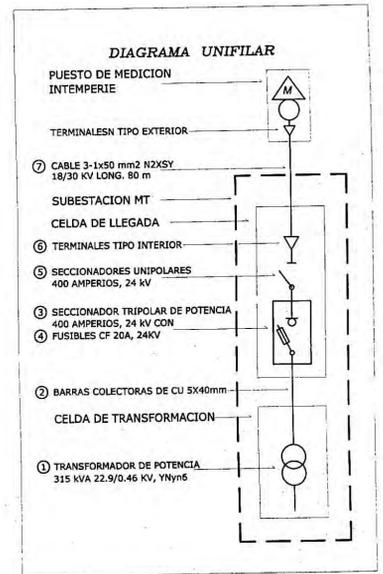
CORTE A - A
ESC: 1/25



CORTE B - B
ESC: 1/25



CORTE C - C
ESC: 1/25



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA	
GRADUANDO :	DANNY LUCAS SANCHEZ QUISPE
PROYECTO :	SISTEMA DE UTILIZACIÓN EN MEDIA 22.9 KV - PLANTA CONCRETERA PLANTA VILLA EL SALVADOR
PLANO :	EQUIPAMIENTO ELECTROMECHANICO DE SUBSTACION - 315KVA
FECHA :	JULIO 2011 ESCALA : 1/25 LAMINA : IE-02

ANEXOS

ANEXOS:

ANEXO 1: Reglas de aplicación del Código Nacional de Electricidad Suministro-
Utilización

ANEXO 2: Formulas de diseño

ANEXO 3: Factores de corrección para cables

ANEXO 4: Hojas técnicas de equipos y materiales

ANEXO 1: REGLAS DE APLICACIÓN DEL CÓDIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD SUMINISTRO-UTILIZACIÓN

El Código Nacional de Electricidad-Utilización que en adelante se le llamara CNE-U, da las reglas que debe cumplir un Sistema de Utilización en media tensión, siendo necesario complementarlo con el Código Nacional de Electricidad-Suministro que en adelante lo llamaremos CNE-S; para el caso de las reglas aplicables a la subestación se tomara las prescripciones del código nacional de electricidad tomo IV (Sistemas de Distribución)

NORMAS PARA EL CABLE DE MEDIA TENSIÓN

Regla 17.D. del CNE-S

Las tolerancias admitidas sobre las tensiones nominales de los puntos de entrega de energía a todo consumidor, en todos los niveles de tensión nominales, es hasta el $\pm 5\%$ de las tensiones nominales en tales niveles.

- La caída de tensión en el cable desde el punto de diseño hasta las barras de la subestación es de 0.56 V que equivale al 0.002% de 22.9 kV que es mucho menor al 5%.

Regla 317.B y Regla 351.A.2. del CNE-S.

Regla 317.B Con respecto a la faja de servidumbre de líneas subterráneas de suministro eléctrico, la distancia mínima de seguridad no será menor de 0.5m para media tensión.

Regla 351.A.2. Los cables deberán ser instalados lo más rectos posible, paralelos al límite de propiedad, evitando las curvaturas innecesarias, donde se requiera curvaturas, el radio de flexión será lo suficientemente amplio para evitar el daño del cable.

- El cable se instalara lo más recto posible paralelo al límite de propiedad y a una distancia horizontal de 1 m.

Tabla 15 del CNE-U

El radio mínimo de curvatura a dar a un cable del tipo apantallado con cinta durante su instalación debe ser igual o mayor a 12 veces el diámetro del cable, el radio de curvatura debe ser medido en la superficie interna de la curva.

- El cable al realizar curvas en su instalación según el diseño tendrá como mínimo radio de curvatura el valor de $\rho = 0.97$ m que verifica la desigualdad $\rho \geq 12 \cdot \Phi_{\text{cable}}$; ahora el diámetro del cable es 0.0335 m con lo cual se verifica $0.97 \text{ m} \geq 0.402 \text{ m}$.

Tabla 53 del CNE-U

La profundidad de la instalación mínima para conductores, cables o canalizaciones para el rango de tensión fase a fase de [601-50000] voltios será de 1 m.

- El cable se instalara a una profundidad de 1.5 m en el caso de pista y vereda por recomendación del municipio, pero para el caso en que se encuentre dentro del predio su profundidad será de 1 m.

Regla 320.A.3. del CNE-S.

Los cruces de calzadas serán a través de conductos; cuando se va instalar el conducto en los cruces de calzadas este deberá ser instalado en la berma lateral o, hasta donde sea practico cumpliendo con las reglas municipales y técnicas de la autoridad que administra el tránsito vehicular correspondiente.

- La cruzada se hará a través de ductos de concreto de 2 vías y estará a una profundidad de 1.5 m por recomendación de la Municipalidad.

Regla 351.C.4. del CNE-S.

Se deberá prever conductos de reserva para las futuras ampliaciones, considerando un mínimo de 1 ducto en cruzadas de hasta 3 ductos, 2 ductos en cruzadas de 4 hasta 6 ductos.

La cruzada saldrá una longitud mínima de 50 cm del límite lateral de la calzada, deberá construirse pircas o muros de contención en los extremos de la cruzada, que sirve para su fácil ubicación.

- Para las cruzadas se utilizaran ductos de concreto de 2 vías y se dejara 1 conductos de reserva, para futuras ampliaciones además esta cruzada saldrá 50 cm del límite lateral de la calzada.

Regla 352.a. del CNE-S

La separación horizontal entre el cable directamente enterrado y las otras estructuras subterráneas no será menor de 30 cm a fin de permitir el acceso a cada instalación, sin dañarse entre ellas, en el caso de tuberías de combustible líquido o gas, la distancia radial será como mínimo de 50 cm de la superficie externa de la tubería o tanque.

- En el trayecto del cable no se encontró estructuras subterráneas similares, además en la zona donde se encuentra ubicado el proyecto no existe instalaciones existentes y/o proyectadas de gas.

Regla 70-012 del CNE-U

Los cables directamente enterrados deben ser instalados de manera que sean tendidos paralelos y adyacentes unos a otros sin cruzarse con capas de tierra o arena cernida de 7.5 cm de espesor tanto encima como debajo de los conductores.

- En el caso para el cable directamente enterrado, se instalara previa capa de 10 cm de arena debajo del cable y una capa 20 cm de tierra cernida por encima del cable.

Regla 350.H del CNE-S

Para advertir la presencia del cable cuando se efectúen posteriores trabajos en el subsuelo, sobre la capa superior de arena o tierra cernida que cubre el cable, se pondrá una hilera de ladrillos o placas de cemento del mismo ancho, a una distancia no menor de 0,10 m por encima del cable, instalándose una cinta de señalización de seguridad a no menos de 0,20 m por encima de la base del ladrillo.

- Para el cable directamente enterrado en zanja de 0.6 m x 1.5m previa capa de 0,1m de arena se colocara los cables envueltos en cinta celeste, luego de 0,2 m de tierra cernida compactada ira ladrillo colocado longitudinalmente en toda su extensión y después de 0,3 m de tierra original compactada (sin piedras) va la cinta señalizadora roja para cable de MT.
- Para el cable que ira instalado en ductos de concreto en las cruzadas se colocara la cinta señalizadora roja a 0,30 m por debajo de la base de la calzada de concreto.
- El cable que ira instalado en tubería de PVC-P de 6" de diametro envuelta en cinta celeste que se encuentra dentro del predio, se instalara a una profundidad de 1 m previa capa de 0,10 m de tierra cernida compactada, luego 0,20 m de tierra cernida compactada va ladrillo colocado longitudinalmente en toda su extensión y después de 0,30 m de tierra original compactada (sin piedras) ira la cinta señalizadora roja para cables de MT.

NORMAS PARA LA SUBESTACIÓN DE CASETA

Regla 190-106 del CNE-U

Los conductores desnudos o aislados, deben estar montados sobre soportes aislados apropiadamente y deben poder soportar los esfuerzos de cortocircuitos de la red.

- En la celda de llegada y transformación las barras colectoras estarán soportadas por aisladores soporte de porcelana de 24 kV para uso interior de carga de ruptura de 400 kgf.

Tabla 30 del CNE-U

Los conductores desnudos deben ser espaciados para obtener distancias mínimas de seguridad; para el nivel de 22.9 Kv en instalaciones del tipo interior la distancia mínima fase a fase es 270 mm y la de fase a tierra es de 190 mm.

- Para nuestro proyecto, la distancia fase-fase será de 360 mm y la distancia fase-tierra será como mínimo 190 mm.

Consideraciones Técnicas del CNE-Sistemas De Distribución regla 3.3.2

- a) Los elementos de tensión primaria y secundaria los dispositivos de maniobra y protección deberán estar separados entre sí mediante tabiques de alturas adecuadas.
- Los dispositivos de maniobra y el transformador estarán en celdas metálicas de 2.5 m de altura y separadas con un tabique de 1.8 m de altura.
- b) Los pasadizos situados entre o frente a celadas cerradas tendrán un ancho mínimo de 1.10 m y una altura mínima de 2.20 m.
- El pasadizo frente a la celda de transformación y de llegada tendrá un ancho de 2.2 m y una altura de 3 m.

- c) Los cierres metálicos tendrán una altura mínima de 1.70 m. La malla que cubre un cierre metálico, deberá tener aberturas no mayores de 2.5 cm y deberá estar construida con alambres de un diámetro mínimo de 2 mm.
- El cierre metálico de las celdas será de 2 m de altura y tendrá una malla protectora de alambre N°10 ($\Phi=3.4\text{mm}$) cocada de 1"x1".
- d) El espesor mínimo de las paredes exteriores si son de concreto armado será de 15 cm.
- Las paredes de la subestación serán de concreto armado relleno de ladrillo de 15 cm de espesor.
- e) El techo deberá presentar una perfecta solidez e impermeabilidad. Su pendiente deberá permitir la evacuación de las aguas pluviales.
- El techo será de concreto armado con una pendiente de 1% y 25 cm de espesor.
- f) El piso deberá elevarse a 20 cm del nivel del suelo exterior sobre una capa de arena cernida. Deberá ser previsto para soportar una carga de 1500 kg/m² constituido por concreto de 250 kg/m³ de cemento y cubierto por una capa con una mezcla de 600 kg/m³ de cemento.
- El piso de la subestación tendrá 15 cm de espesor, dado que el esfuerzo debido al peso del transformador que es 1235kg será de 2.4kg/cm² es inferior al del concreto utilizado de 210 kg/cm²; este espesor de concreto cumple la norma "Method for Fire Tests of Building ANSI E119-88" que nos indica que el piso de una subestación debe tener un espesor mínimo de 15cm debido a que con este espesor se cumple la condición de que tenga resistencia al fuego de tres horas.
- g) Las puertas deberán abrirse hacia el exterior y serán de planchas de acero de por lo menos 3 mm de espesor. Las dimensiones de la puerta de acceso

deberán permitir el montaje y mantenimiento de la subestación y en ningún caso será menor a 1 m de ancho y 2 m de alto.

- La puerta será de plancha de fierro LAF 3 mm de espesor de 1.5 m de ancho y 2.1 m de altura.
- h) Las celdas que contienen transformadores con aislamiento de aceite inflamable, deberán ser provistas de una fosa colectora para la evacuación y extinción del aceite.
- La subestación contara con una fosa colectora de aceite de volumen efectivo de 0.7 m³.

NORMAS PARA EL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

Regla 190-302 del CNE-U

Toda subestación interior debe ser puesta a tierra por medio de un sistema de puesta a tierra de subestación; el electrodo debe cumplir lo siguiente:

Consistir en al menos 2 varillas de puesta a tierra de longitud no menor de 2 m y 16mm de diámetro, y espaciadas a una distancia mínima igual a la longitud de la varilla.

- La subestación tendrá un sistema de puesta a tierra de tres pozos de tierra independientes, para baja tensión, media tensión y el neutro respectivamente, se utilizara varillas de cobre de 2.4 m y de 16 mm de diámetro y los pozos estarán espaciados como minimo 2.4 m.

Regla 60-712 del CNE-U

El valor de la resistencia de la puesta a tierra debe ser tal que, cualquier masa no pueda dar lugar a tensiones de contacto superiores a las permitidas y no debe ser mayor a 25 Ω .

- El sistema de puesta a tierra de la subestación tendrá una resistencia de calculada de 4.4 Ω para cada pozo.

Tabla 17 del CNE-U

En el lado de baja tensión el conductor de puesta a tierra debe tener una sección equivalente a la capacidad de conducción del conductor de acometida de mayor sección.

- En el lado de baja tensión del transformador de 315 kVA la corriente nominal para una demanda de 250kW es 369.15 A por lo que según la tabla 17 para el rango de [356 A – 475 A] se debe seleccionar conductor de puesta a tierra de 70mm² de sección.

Tabla 51 del CNE-U

Los conductores de puesta a tierra de una subestación para el lado de media tensión se diseñan para una duración de falla de 0.5 s considerando conductor con uniones empernadas.

- Teniendo una corriente de falla de 5KA en el lado de MT de la subestación, se obtiene de la tabla 51 una sección de 25 mm² de conductor de cobre para puesta a tierra, pero por razones de resistencia a esfuerzos mecánicos se utilizara de 70 mm² de sección.

Regla 190-308 del CNE-U

Todas las partes metálicas no conductoras del equipo y de las estructuras de la subestación, deben ser conectadas al electrodo de puesta a tierra a fin de evitar la aparición de diferencia de potencial peligrosas.

- Todas las partes metálicas tales como tanque del transformado, marcos, celdas, bases de los seccionadores y las cubiertas metálicas de los cables de MT estarán sólidamente conectadas al pozo de tierra de MT.

- El neutro del transformador del lado de MT estará sólidamente conectado al pozo a tierra del neutro de MT.
- El Tablero y demás partes metálicas del lado de baja tensión estarán conectados al pozo a tierra de baja tensión.

ANEXO 2

CALCULO DE BARRAS COLECTORAS

En una sub-estación las barras colectoras rígidas son diseñadas teniendo en cuenta a los siguientes factores:

- a. Corriente nominal.
- b. Esfuerzos electrodinámicos producidos por las corrientes de corto circuito.
- c. Efectos térmicos producidos por las corrientes nominales y las corrientes de cortocircuito.
- d. Resonancia.
- e. Flecha.

1. Corriente Nominal

Las barras colectoras deben de ser capaces de transportar permanentemente la corriente requerida

La norma DIN 43671 "STROMSCHIENEN AUS KUPFER - BEMESSUNG FÜR DAUERSTROM" ("Barras Colectoras de Cobre - Diseño según la Corriente Permanente") proporciona tablas en las cuales se halla la capacidad de transporte de una barra bajo determinadas condiciones de instalación. Los valores indicados en estas tablas son válidas para barras rodeadas por aire y que no sean enfriadas artificialmente.

Para la confección de las tablas se han basado en las siguientes hipótesis

Para las instalaciones interiores

- . El aire ambiente inmóvil.

Barras desnudas parcialmente oxidadas, por lo que el grado de emisión es 0.4 (*).

- . Barras pintadas (en caso de ser barras múltiples las pintadas son solo las exteriores) siendo el grado de emisión aproximadamente 0.9.

Para instalaciones interiores abiertas con aire ambiente tranquilo, se puede multiplicar por 1 a 1.05 los valores que aparecen en las tablas debido a que la experiencia nos enseña que suelen producirse pequeños movimientos de aire ajenos a las barras.

(*) Estas hipótesis se refieren a una situación de trabajo que se alcanza más tarde o más temprano en un envejecimiento natural dependiendo de las condiciones ambientales.

Para instalaciones interiores encapsuladas sin ventiladores se puede multiplicar por 0.8 a 1.1 los valores que aparecen en las tablas, según el sentido de la corriente y la radiación de las barras inmediatas.

- Para las instalaciones exteriores :

- Cierta movimiento del aire de 0.6 m/s (por ejemplo a secuencia de la corriente de aire caliente del suelo).
 - Barras desnudas oxidadas normalmente, de tal manera que el grado de emisión es 0.6 y la radiación solar puede ascender a 0.45 Kw/m² (*), ó
 - Barras pintadas de tal manera que el grado de emisión es aproximadamente 0.9 y la radiación solar puede ascender 0.7 Kw/m².
 - Las tablas por lo tanto, en el caso de las barras exteriores corresponden a las condiciones centro europeas.
- Con respecto a la temperatura se observará la siguiente condición : el valor medio máximo dentro de 24 horas debe ser 35 °C, pudiendo alcanzar 40 °C por periodos cortos de tiempo.

Con estas consideraciones se tienen las tablas 1,2,3 y 4 en las que se indican la capacidad de transporte de las barras que con una temperatura ambiente de 35 °C y tendidas horizontalmente se produce en ellas una temperatura de 65 °C.

La corriente alterna señalada en las tablas es válida tanto para un sistema monofásico como para un sistema trifásico. Una eventual influencia de calentamiento mutuo (a consecuencia de emplazamiento relativo de las fases) no es tomado en cuenta.

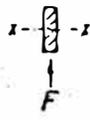
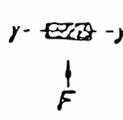
A los valores que aparecen en las tablas, se les debe de multiplicar por los siguientes factores de corrección que tienen en cuenta las divergencias con respecto a las condiciones que se tuvieron para obtener dichas cantidades :

- Factor de corrección K1 para la variación de la capacidad de transporte de las barras, si es que el material que se está utilizando tenga una conductibilidad eléctrica diferente a 56 m/n.mm² (ver fig. 1).
- Factor de corrección K2 para la variación de la capacidad de transporte de las barras, si es que se tiene una temperatura ambiente diferente a 35 °C y/o temperatura en las barras diferente a 65 °C (ver fig. 2).
- Factor de corrección K3 para la disminución de la capacidad de transporte de las barras, debido a la disposición horizontal del ancho de las barras o por un tendido vertical de más de 2 m (ver tabla 5).
- Factor de corrección K4 para la disminución de la capacidad

(*) Ver la indicación para instalaciones interiores.

VALOR ESTAT CO PARA UNA BARRA
en es de
R FN A NA HASTA 60 HZ. | CC y CA hasta 16 2/3
NT 5 DAD PERMANENTE EN A
luz entre barras múltiples (rises) > 0.8
luz entre barras múltiples (rises) > 0.8
luz entre barras múltiples (rises) > 0.8

la barra; la luz entre barras múltiples (fases) > 0,8 x la distancia entre ejes de las barras principales (fase múltiples) la luz entre conductores principales (fases) > 0,8 x la distancia entre ejes de las barras principales (fase

ANCHO X ESPE- SOR	SEC CION	PESO 1) kg/m	MATE RIAL 2)	INTENSIDAD PERMANENTE EN A												VALOR ESTATICO PARA UNA BARRA									
				CORRIENTE ALTERNA HASTA 60 HZ.								c.c. y c.a. hasta 16 2/3 Hz.				x -  - x			y -  - y						
				PINTADO				DESNUDO				PINTADO				DESNUDO				J _x cm ⁴	W _x cm ³	L _x cm	J _y cm ⁴	W _y cm ³	L _y cm
				Número de Barras		Número de Barras		Número de Bar.		Número de barras		Número de Barras		Número de barras											
I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV										
12 x 2	23,6	0,200	E-20 F32	123	202	228		108	182	216		123	202	233		108	182	220		0,0288	0,0480	0,346	0,000800	0,00800	0,0577
16 x 2	29,6	0,262		148	240	261		128	212	247		148	240	267		128	212	252		0,0563	0,0750		0,00100	0,0100	0,0577
16 x 3	44,6	0,396		187	316	381		162	282	361		187	316	387		162	282	365		0,0844	0,113	0,433	0,00338	0,0225	0,0856
20 x 2	58,5	0,351		169	302	313		162	264	298		189	302	321		162	266	303		0,133	0,133		0,00133	0,0133	0,0577
20 x 2	59,5	0,629		237	394	454		204	348	431		237	394	463		204	348	437		0,200	0,200	0,577	0,00450	0,0300	0,0866
20 x 3	89,1	0,882		319	560	728		276	500	690		320	562	729		274	502	687		0,333	0,333		0,0208	0,0833	0,144
20 x 10	189	1,77		487	824	1320		427	825	1180		499	932	1300		428	832	1210		0,667	0,667		0,167	0,333	0,289
25 x 2	74,6	0,663		287	470	526		245	412	498		287	470	536		245	414	506		0,391	0,313		0,00563	0,0376	0,0866
25 x 3	124	1,11		384	662	839		327	586	795		384	664	841		327	590	794		0,651	0,521	0,722	0,0260	0,104	0,144
30 x 2	89,6	0,796		337	544	598		285	476	564		337	546	608		286	478	575		0,676	0,450		0,00675	0,0450	0,0866
30 x 3	140	1,33		447	760	842		379	672	896		448	756	950		360	676	997		1,13	0,750	0,856	0,0313	0,125	0,144
30 x 10	329	2,68		676	1203	1670		673	1060	1480		683	1230	1620		679	1080	1620		2,25	1,50		0,250	0,500	0,289
40 x 2	119	1,03	436	692	726		366	600	690		436	696	748		367	604	708		1,60	0,800		0,00900	0,0600	0,0866	
40 x 3	179	1,77	678	953	1140		482	836	1090		576	866	1160		484	848	1100		2,67	1,33	1,15	0,0417	0,167	0,144	
40 x 10	390	2,65	860	1470	2000	2580	715	1290	1770	2280	865	1530	2000		728	1360	1880		5,33	2,67		0,333	0,667	0,288	
50 x 2	160	2,32	697	1160	1330	2010	583	984	1260	1920	703	1170	1870		688	1020	1300		6,21	2,08	1,44	0,0521	0,208	0,144	
50 x 10	489	4,44	1920	3790	5220	8950	252	5810	7930	12600	1060	1830	2360		876	1610	2220		10,4	4,17		0,617	0,239	0,289	
60 x 2	200	2,64	828	1330	1510	2310	662	1160	1440	2210	836	1370	1680	2060	696	1180	1500	1970	9,00	3,00	1,78	0,0526	0,250	0,144	
60 x 10	696	8,36	1180	2940	4010	6790	986	1720	2800	3900	1230	2130	2720	3530	1020	1870	2570	3390	18,00	6,00		0,500	1,00	0,289	
80 x 2	339	3,14	1070	1880	2220	2830	863	1460	1750	2720	1090	1770	1990	2670	902	1530	1890	2460	21,3	6,33	2,91	0,0533	0,333	0,144	
80 x 10	783	7,11	1500	3310	4770	6930	1340	2110	2790	3450	1590	2790	3420	4490	1810	2380	3240	4280	42,7	10,7		0,667	1,33	0,289	
100 x 2	430	4,14	1800	3010	3500	4500	1080	1730	2050	3190	1340	2160	2380	3080	1110	1810	2270	2960	41,7	8,33	2,88	0,104	0,417	0,144	
100 x 10	890	6,89	2610	4970	6720	9540	1490	2490	3260	3930	1840	3310	4100	5310	1500	2850	3900	5150	63,3	16,7		0,633	1,67	0,289	
120 x 2	520	5,7	2110	3220	4270	5130	1740	2860	3740	4500	2300	3900	4780	6260	1890	3390	4560	6010	144	24,0	3,46	1,00	2,00		
120 x 10	1600	14,3	2700	4130	5300	6320	2220	3480	4680	5630	3010	5060	6130	8010	2470	4400	5860	7710	341	42,7	4,62	1,33	2,67	0,289	
200 x 10	3000	17,8	3290	4970	6430	7490	2650	4310	5610	6540	3720	6230	7460	9730	3040	5390	7150	9330	667	66,7	6,77	1,67	3,33		

1) Calculado con una densidad de 8,9 Kg/dm³. 2) Referencia básica para los valores de intensidad permanente

3) Luz mínima.

MATERIAL: E - Cu u otros materiales según DIN 40500 hoja 3.

Semiproducto preferente: barra plana con redondeo de aristas según DIN 46433 Hoja de selección 3.

Incen
35 °C
rras,
(fase
DIAME
TRO
EXTERIOR
mm

BLA 2 : Intensidad permanente de barras colectoras de E - Cu de sección rectangular talaciones interiores con 35°C de temperatura ambiente y 65 °C de temperatura funcionamiento en las barras; posición vertical del ancho de la barra, sin ción entre las barras parciales de las barras múltiples.

ANCHO X PESOR mm	SECCION mm ²	PESO 1) kg/m	MATERIAL 2)	SUPERFICIE	INTENSIDAD PERMANENTE EN A CTE. CONTINUA - NUMERO DE BARRAS										
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
10 x 10	799	7,11	E-Cu F30	PINTADO	1590	2360									
				DESNUDO	1310	1960									
10 x 10	999	8,89		PINTADO	1940	2870	3660	4390	5080	5740	6390	7030	7660	8290	
				DESNUDO	1600	2370	3020	3620	4190	4740	5270	5800	6320	6840	
20 x 10	1200	10,7		PINTADO	2300	3380									
				DESNUDO	1890	2780									
30 x 10	2000	17,8		PINTADO	3720	5390	6750	7960	9080	10200	11200	12200	13100	14100	
				DESNUDO	3040	4400	5510	6500	7420	8290	9120	9930	10700	11500	

1) Calculado con una densidad de 8.9 Kg/dm³. 2) Referencia básica para los valores de intensidad permanente

MATERIAL : E-Cu u otros materiales según DIN 40500 hoja 3.
Semiproducto preferente : barra plana con redondeo de aristas según DIN 4643 de selección 3.

BLA 3 : Intensidad permanente de barras colectoras de E-Cu de sección circular en talaciones interiores con 35 °C de temperatura ambiente y 65 °C de temperatura de funcionamiento de las barras; en corriente alterna la distancia entre ejes de los conductores principales (fases) > 2. diámetro.

DIAMETRO mm	SECCION mm ²	PESO kg/m	MATERIAL	INTENSIDAD PERMANENTE EN A		VALORES ESTATICOS		
				C.C. PINTADO	C.A. DESNUDO HASTA 60 HZ.	J cm ⁴	W cm ³	I cm
5	19,6	0,175	E-Cu F37	95	85	0,00306	0,0123	0,125
8	60,3	0,447		179	159	0,0201	0,0503	0,200
10	78,5	0,699		243	213	0,0491	0,0982	0,250
16	201	1,79	E-Cu F30	464	401	0,322	0,402	0,400
20	314	2,80		629	539	0,785	0,785	0,500
32	804	7,16		1160	976	5,15	3,22	0,800
50	1960	17,50		1930	1610	30,7	12,3	1,25

Calculado con una densidad de 8.9 Kg/dm³. 2) Referencia básica para los valores de intensidad permanente.

MATERIAL : E - Cu u otros materiales según DIN 40500 hoja 3.
Semiproducto aplicable : Redondos según DIN 1756

6

1) Ca
MATERIA

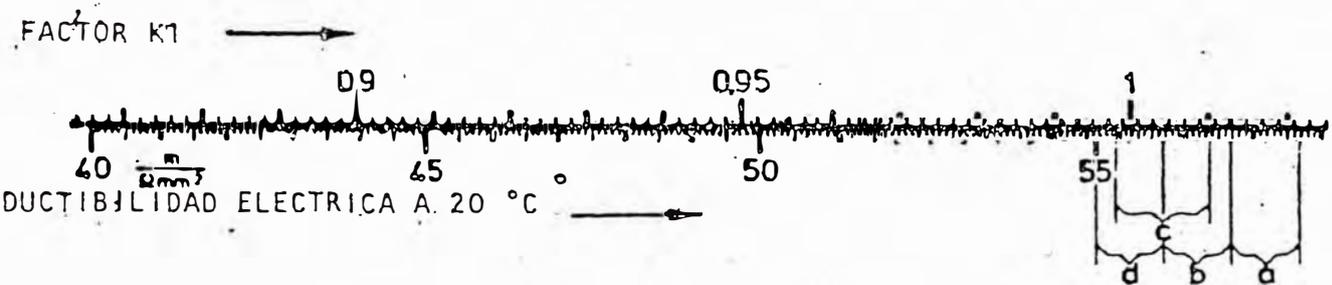
Intensidad permanente de barras colectoras de E-Cu de sección circular hueca con 35 °C de temperatura ambiente y 65 °C de temperatura de funcionamiento de las barras, en corriente alterna distancia entre ejes de los conductores principales = (fases) $\geq 2.5 \cdot$ diámetro exterior.

DIAMETRO EXTERIOR m no	ESPESOR mm	SECCION mm ²	PESO 1) kg/m	MATERIAL 2)	INTENSIDAD PERMANT. EN A C.C. Y C.A. HASTA 60 HZ.				VALORES ESTATICOS		
					INTERIORES		EXTERIORES		J cm ⁴	W cm ³	i cm
20	2	113	1,01	E-Cu F37	384	329	460	449	0,464	0,464	0,640
	3	160	1,43		467	392	548	535	0,597	0,597	0,810
	4	201	1,79	E-Cu F30	512	438	613	599	0,684	0,684	0,583
	5	236	2,10		554	475	664	648	0,736	0,736	0,559
	6	264	2,35	E-Cu F25	591	506	708	691	0,765	0,765	0,539
	32	2	188	1,68	E-Cu F37	602	508	679	660	2,13	1,33
3		273	2,44	725		611	818	794	2,90	1,82	1,03
4		352	3,14	E-Cu F30	821	693	927	900	3,52	2,20	1,00
5		424	3,78		900	760	1020	987	4,00	2,50	0,97
6		490	4,37	E-Cu F25	973	821	1100	1070	4,36	2,73	0,94
40		2	239	2,13	E-Cu F37	744	624	816	790	4,32	2,16
	3	349	3,11	899		753	986	955	6,01	3,00	1,31
	4	452	4,04	E-Cu F30	1020	857	1120	1090	7,42	3,71	1,28
	5	550	4,90		1130	944	1240	1200	8,59	4,30	1,25
	6	641	5,72	E-Cu F25	1220	1020	1340	1300	9,56	4,78	1,22
	50	3	443	3,95	E-Cu F37	1120	928	1190	1150	12,3	4,91
4		578	5,16	1270		1060	1360	1310	15,4	6,16	1,63
5		707	6,31	E-Cu F30	1410	1170	1500	1450	18,1	7,25	1,60
6		829	7,40		1630	1270	1630	1670	20,4	8,18	1,57
8		1060	9,42	E-Cu F25	1700	1420	1820	1760	24,1	9,66	1,51
10		1260	11,2		1840	1530	1960	1890	28,7	10,7	1,46
63	3	665	5,04	E-Cu F30	1390	1150	1440	1390	25,5	8,10	2,12
	4	741	6,61		1590	1320	1650	1590	32,4	10,3	2,09
	5	911	8,13		1760	1460	1820	1750	38,6	12,3	2,06
	6	1070	9,58	E-Cu F25	1920	1590	1990	1910	44,1	14,0	2,03
	8	1360	12,3		2150	1780	2230	2140	53,4	16,9	1,97
	80	3	726		6,47	E-Cu F30	1750	1440	1760	1690	53,9
4		955	8,52	2010	1650		2020	1930	69,1	17,3	2,69
5		1180	10,5	2230	1820		2230	2140	83,2	20,8	2,66
6		1400	12,4	2430	1990		2440	2340	96,1	24,0	2,62
8		1810	16,1	E-Cu F25	2730	2240	2740	2630	119	29,7	2,56
10		2200	19,6		2980	2440	2990	2860	137	34,4	2,50
100	3	914	8,15	E-Cu F30	2170	1770	2120	2020	108	21,5	3,43
	4	1210	10,8		2490	2030	2430	2320	139	27,8	3,40
	5	1490	13,3		2760	2250	2700	2590	169	33,8	3,36
	6	1770	16,8	E-Cu F25	3020	2460	2950	2820	196	39,3	3,33
	8	2310	20,6		3410	2780	3330	3180	246	49,3	3,26
	120	4	1460		13,0	E-Cu F30	2970	2400	2830	2690	245
5		1810	16,1	3300	2670		3150	2990	299	49,9	4,07
6		2150	19,2	E-Cu F25	3610	2930	3440	3280	350	58,3	4,04
8		2820	25,1		4070	3300	3890	3700	444	73,9	3,97
10		3460	30,8		4400	3560	4190	3990	527	87,8	3,91
160		4	1960		17,5	E-Cu F30	3910	3150	3680	3470	597
	5	2440	21,7	4350	3500		4070	3860	732	91,5	5,48
	6	2900	25,9	4770	3840		4460	4230	862	108	5,45
	8	3620	34,1	E-Cu F25	5400	4340	5060	4790	1110	138	5,38
	10	4710	42,0		5830	4690	5460	5170	1330	166	5,32
	200	6	3060		27,3	E-Cu F25	5440	4350	5010	4740	1460
8		3680	32,6	5920	4730		5460	5160	1720	172	6,86
8		4830	43,0	6700	5360		6180	5840	2230	223	6,79
10		5970	53,2	7250	5800		6690	6320	2700	270	6,73
12		7090	63,2	E-Cu F20	7610		6080	7020	6640	3140	314
250		6	3850	34,3	E-Cu F25	6740	5350	6130	5780	2890	231
	8	4600	41,0	7350		5830	6680	6260	3420	274	8,63
	8	6080	54,3	8330		6610	7670	7130	4460	367	8,56
	10	7640	67,3	9010		7160	8190	7720	5440	436	8,49
	12	8970	80,0	E-Cu F20		9470	7520	8600	8110	6370	510

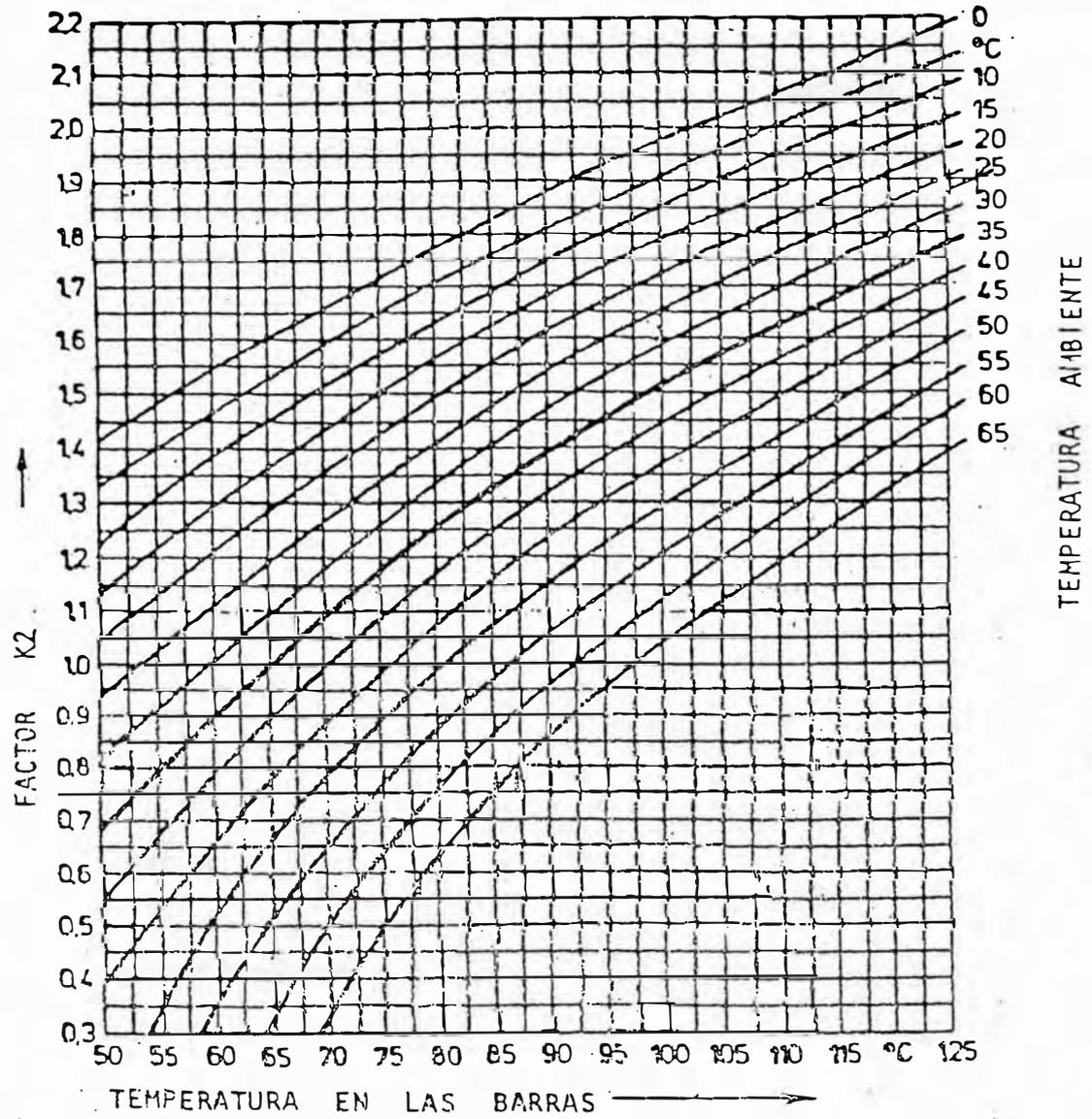
1) Calculado con una densidad de 8.9 Kg/dm³. 2) Referencia básica para los valores de intensidad permanente.

MATERIAL E - Cu u otros materiales según DIN 40500 hoja 2

Semiproducto aplicable : Tubos según Din 1754



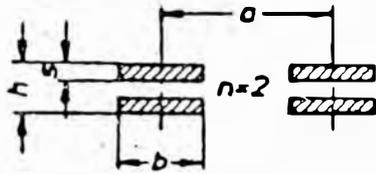
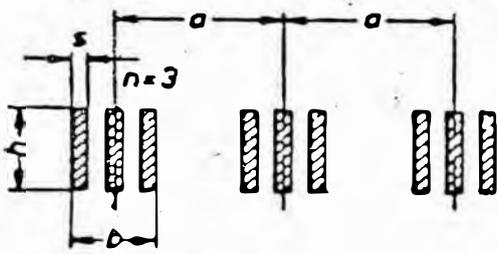
G. 1 : Factor K, para las variaciones de la capacidad de transporte de corriente en las barras de cobre diferentes a una conductividad de 56 m/Ω mm².
 a: E-Cu F20 , b: E-Cu F25 , c: E-Cu F30 , d: E-Cu F37



G. 2 : Factor K2 para las variaciones de la capacidad de transporte de corriente en las barras en temperatura ambiente diferentes a 35°C y/o temperatura en las barras diferentes a 65 °C

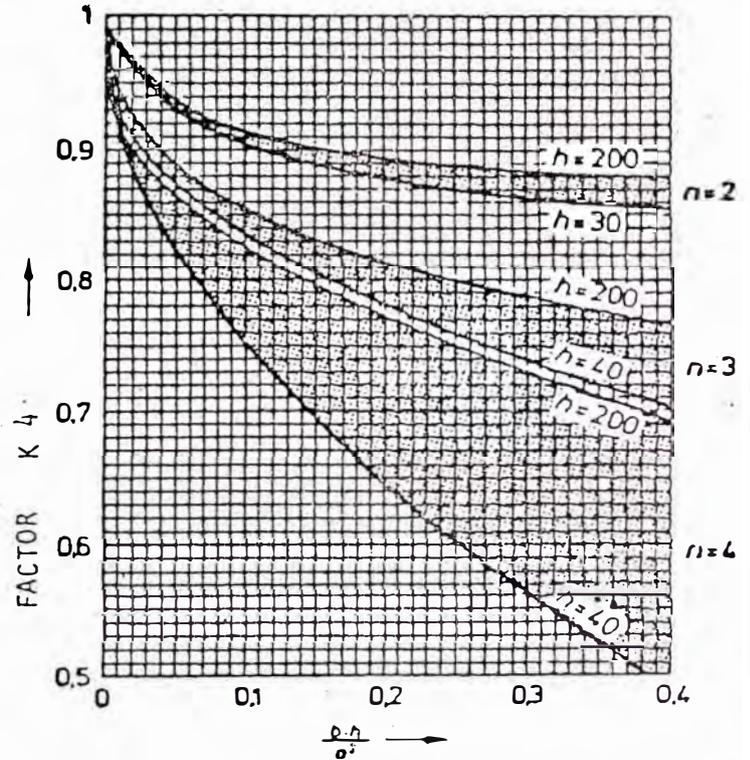
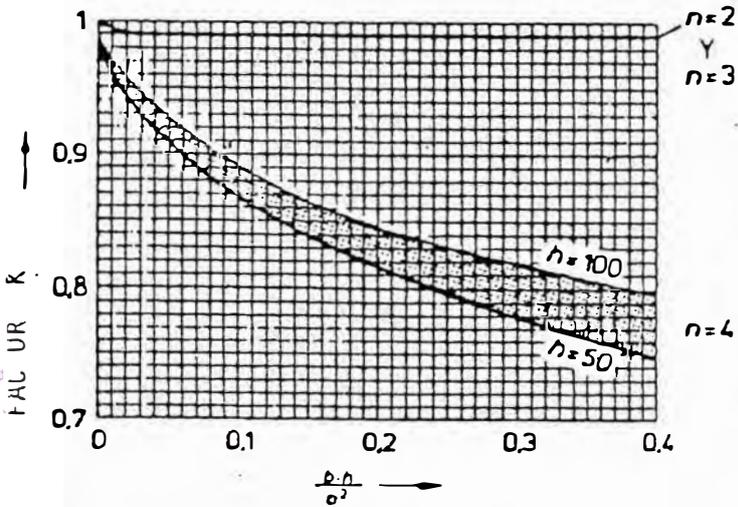
3LA 5 : Factor K3 para la disminución de la capacidad de transporte de corriente en las barras debido a la posición horizontal del ancho de la barra ó por posición vertical de más de 2 m.

NUMERO DE BARRAS	ANCHO DE LAS BARRAS mm.	FACTOR K3 EN LAS BARRAS	
		PINTADO	DESNUDO
2	50 a 200	0,85	0,8
8	50 a 80	0,85	0,8
	100 a 120	0,8	0,75
4	150	0,75	0,7
	200	0,7	0,65



c) Para $S = 10$ mm.

b) Para $S = 5$ mm.



Factor K_4 para la disminución de la capacidad de transporte de las barras en corriente alterna hasta 60 Hz. debido al desplazamiento adicional en las barras con pequeña distancia entre fases 'a'. El factor K_4 necesita solo ser considerado, si dentro de un trayecto de por lo menos 2 m. no se presenta ninguna derivación.

a) EJEMPLOS :

- Arreglo trifásico con $n = 3$ barras/fase y espesor de las barras S en dirección de la distancia entre barras principales (fases) 'a'.
- Arreglo de corriente alterna con $n = 2$ barras/fase y espesor de las barras S perpendicular a la distancia entre barras principales (fases) 'a'.

b) Factor K_4 para espesor de barras $S = 5$ mm.

c) Factor K_4 para espesor de barras $S = 10$ mm.

6 : Factor K_5 para la disminución en la capacidad de transporte de corriente en las barras en alturas superiores a 1000 m.s.n.m.

ALTURA SOBRE NN (nivel normal cero) m	FACTOR K_5	
	INTERIOR	EXTERIOR(1)
1000	1	0,98
2000	0,99	0,94
3000	0,96	0,89
4000	0,9	0,83

1) Valor numérico mayor, en el caso de

latitud mayor de 60° y/o sobre todo aire polvoroso.

de transporte de las barras en corriente alterna hasta 60 Hz, debido al desplazamiento adicional en las barras con pequeña distancia entre fases a . El factor K_4 solo necesita ser considerado, si en un trayecto de como mínimo de 2 m no se presenta ninguna derivación (ver fig. 3).

- Factor de corrección K_5 para la disminución de la capacidad de transporte de las barras que tiene en cuenta la altura sobre el nivel del mar superiores a 1000 m. (ver tabla 6).

La capacidad de transporte de las barras en forma permanente será entonces :

$$I_f = I_n \prod K_i$$
$$I_f = (I_n)(K_1)(K_2)(K_3)(K_4)(K_5) \text{ ----- (1)}$$

donde : I_n : capacidad de transporte de las barras que aparece en las tablas.

I_f : capacidad de transporte de las barras a condiciones reales de instalación.

Se debe de cumplir que $I_r \leq I_f$ ----- (2)

donde I_r : corriente a transportar requerida en el proyecto.

2. Esfuerzos Electrodinámicos producidos por las Corrientes de Cortocircuito

El paso de la corriente en conductores paralelos, cuya longitud entre apoyos "L" es grande en relación con la distancia entre ellos "a", se originan fuerzas que actúan y que se reparten uniformemente a lo largo de los conductores. Estas fuerzas son especialmente grandes en el caso de un cortocircuito y producen esfuerzos sobre los conductores y sobre los elementos de fijación.

Por este motivo las barras deben de diseñarse para hacer frente a la intensidad de cortocircuito máximo posible.

2.1. Transitorios en un Circuito R-L

Para calcular la corriente de cortocircuito inicial a la que estarán sometidos las barras colectoras, se va analizar un circuito R-L cuando se le aplica una tensión sinusoidal (fig. 4)

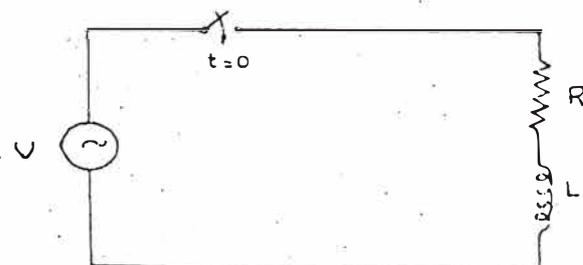


Figura 4

Sea $v = V_m \text{ sen } (\omega t + \alpha)$ la tensión aplicada donde para $t=0$ es el instante en que se aplica la tensión.

Por la ley de Kirchhoff relativa a la tensión en el circuito de la fig. 4, se tiene :

$$V_m \text{ sen } (\omega t + \alpha) = R \cdot i + L \frac{di}{dt}$$

La solución de esta ecuación diferencial es :

$$i = \underbrace{\frac{V_m}{Z} \text{ sen } (\omega t + \alpha - \phi)}_{\text{término estacionario}} + \underbrace{\frac{V_m}{Z} e^{-Rt/L} \text{ sen } (\alpha - \phi)}_{\text{término transitorio}} \quad (3)$$

donde : $Z = \sqrt{R^2 + \omega^2 L^2}$

$$\phi = \text{tag}^{-1} \frac{\omega \cdot L}{R}$$

Para las ecuaciones anteriores es necesario hacer las siguientes observaciones :

El ángulo α representa la fase de la onda de tensión a la que se cierra el interruptor ($t=0$) y se le denomina "ÁNGULO DE CIERRE". El ángulo α es el desplazamiento angular entre el punto de $v=0$ y el punto $t=0$ (fig.5) medido positivamente desde el punto donde $v=0$ y la dv/dt es positiva.

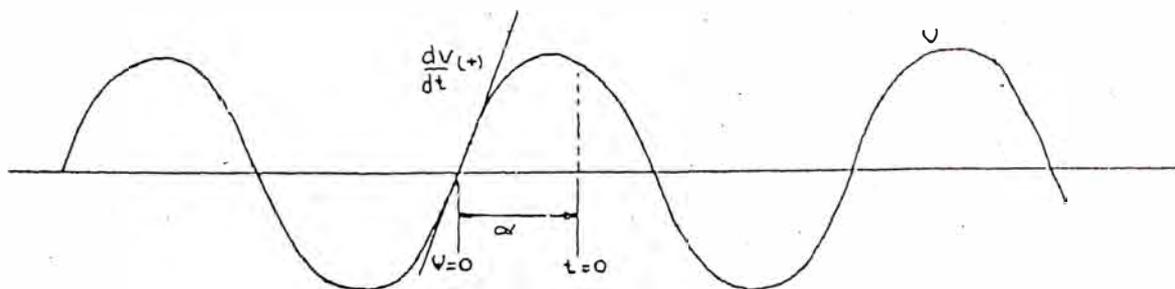


Fig. 5 Significado físico del ángulo α

El ángulo α suministra un medio conveniente de examinar los fenómenos transitorios de corriente alterna. En general la magnitud de un transitorio de corriente alterna depende del tiempo del ciclo en la cual se efectúa la conmutación del interruptor. La mayoría de las conmutaciones se realiza sin tener en cuenta o sin conocer el punto de la onda de tensión donde comienza el periodo transitorio. En estos casos para la ejecución de un proyecto se analiza el efecto de iniciar la perturbación transitoria en diferentes puntos de la onda de tensión. Esto se realiza dando diversos valores a α .

El término estacionario varía sinusoidalmente con el tiempo, mientras el término transitorio es no periódico y decae exponencialmente con una constante de tiempo igual a R/L . A menudo al término transitorio se le denomina "COMPONENTE DIRECTA DE LA CORRIENTE" de un circuito R-L, por ser unidireccional. Esta componente unidireccional y evanescente de la corriente es de interés teórica, porque es en parte responsable de los cambios radiales que tienen lugar en las impedancias de los generadores síncronos, durante los períodos de transición.

La fórmula (3) puede escribirse :

$$i = \frac{|V_m|}{|Z|} C_1$$

La corriente máxima de cortocircuito será igual a :

$$I_s = \sqrt{2} (I_{cc})(C_1)$$

donde : I_s = corriente máxima de cortocircuito.

$$I_{cc} = \frac{|V_m|}{\sqrt{2} |Z|}$$

corriente de cortocircuito eficaz sin tener en cuenta el efecto de la componente directa:

C_1 = Factor de impulso que dependerá de α y ϕ para un determinado circuito R-L

Utilizando un programa computacional, se halló las curvas indicadas en las figuras 6 y 7 para diferentes valores de α y ϕ . Sobre estas figuras se puede señalar :

- El valor máximo de C_1 se obtiene para $\alpha = 0^\circ$
- El valor máximo de $C_1 = 2$ es obtenido solamente en el caso límite teórico con una resistencia efectiva de $R = 0$ en el punto de cortocircuito. La experiencia demuestra que en el caso de un cortocircuito en los terminales del generador el valor de C_1 es menor a 1.8 para máquinas menores de 100 MVA.

Por lo anterior :

$$I_s = \sqrt{2} (I_{cc})(1.8)$$

$$I_s = 2.5 I_{cc} \text{-----(4)}$$

En la tabla 7, presentamos los diversos valores que toma C_1 que corresponden para la condición de $\alpha = 0$.

2.2. Esfuerzos Electrodinámicos en las Barras Colectoras

C_{max}

FIGURA Nº 2

GRAFICO: C_{max} vs. $\cos \phi$

$$C = \frac{R}{Z} \sin(\alpha - \phi) - B \sin(\alpha - \phi)$$

$$\phi = \tan^{-1} \frac{X}{R}$$

α = ANGULO DE DESPLAZAMIENTO

2.0

1.5

1.0

0.5

0.2

0.4

0.6

0.8

1.0

$\cos \phi$

$\omega = 100$

$\omega = 200$

$\omega = 300$

$\omega = 400$

R/L	COS ψ	C1 MAXIMO	T MAX (seg.)
0.0	-0.00000	2.00000	0.00833
0.10	0.00027	1.99917	0.00833
0.20	0.00053	1.99833	0.00833
0.30	0.00080	1.99750	0.00833
0.40	0.00106	1.99667	0.00833
0.50	0.00133	1.99584	0.00833
0.60	0.00159	1.99501	0.00833
0.70	0.00186	1.99419	0.00832
0.80	0.00212	1.99336	0.00832
0.90	0.00239	1.99253	0.00832
1.00	0.00265	1.99171	0.00832
1.10	0.00292	1.99088	0.00832
1.20	0.00318	1.99006	0.00832
1.30	0.00345	1.98923	0.00832
1.40	0.00371	1.98841	0.00831
1.50	0.00398	1.98759	0.00831
1.60	0.00425	1.98677	0.00831
1.70	0.00451	1.98595	0.00831
1.80	0.00478	1.98513	0.00831
1.90	0.00504	1.98431	0.00831
2.00	0.00531	1.98350	0.00831
3.00	0.00796	1.97537	0.00829
4.00	0.01061	1.96732	0.00828
5.00	0.01326	1.95935	0.00827
6.00	0.01591	1.95146	0.00825
7.00	0.01857	1.94365	0.00824
8.00	0.02122	1.93591	0.00823
9.00	0.02387	1.92825	0.00821
10.00	0.02652	1.92067	0.00820
20.00	0.05298	1.84869	0.00807
30.00	0.07933	1.78321	0.00796
40.00	0.10551	1.72352	0.00785
50.00	0.13148	1.66899	0.00775
60.00	0.15718	1.61909	0.00765
70.00	0.18256	1.57336	0.00756
80.00	0.20758	1.53139	0.00748
90.00	0.23221	1.49282	0.00740
100.00	0.25639	1.45735	0.00732
200.00	0.46865	1.22314	0.00671
300.00	0.62268	1.11376	0.00630
400.00	0.72773	1.06013	0.00600
500.00	0.79847	1.03277	0.00576
600.00	0.84673	1.01831	0.00558
700.00	0.88043	1.01044	0.00543
800.00	0.90459	1.00605	0.00530
900.00	0.92235	1.00356	0.00520
1000.00	0.93572	1.00212	0.00511
2000.00	0.98269	1.00002	0.00466
3000.00	0.99220	1.00000	0.00450
4000.00	0.99559	1.00000	0.00442
5000.00	0.99717	1.00000	0.00437
6000.00	0.99803	1.00000	0.00433
7000.00	0.99855	1.00000	0.00431
8000.00	0.99889	1.00000	0.00429
9000.00	0.99912	1.00000	0.00428
10000.00	0.99929	1.00000	0.00427

Tabla 7 : Valores de C1 para diferentes R/L
 $\alpha = 0$

A. Entre dos elementos conductores

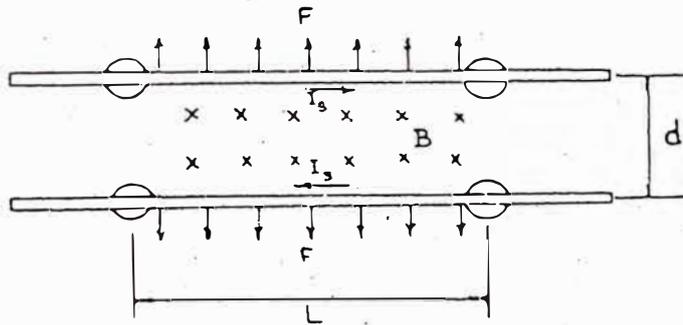


Figura B

$$F = B \cdot I_s \cdot L \text{ ----- (5)}$$

Como las líneas de inducción magnética para un alambre recto largo que conduce una corriente \$I_s\$ son círculos con centro en el alambre y que \$B\$ a una distancia "d" del alambre está dado por :

$$B = \frac{\mu_0 \cdot I_s}{2 \cdot \pi \cdot d} \text{ ----- (6)}$$

(6) en (5)

$$F = \frac{\mu_0 \cdot I_s^2 \cdot L}{2 \cdot \pi \cdot d} \text{ ----- (7)}$$

donde :

- \$\mu_0\$: constante de permeabilidad = \$4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}\$ Weber/amp-m
- \$I_s\$: corriente que circula por las barras en KA.
- \$L\$: distancia entre apoyos en cm.
- \$d\$: distancia entre conductores en cm.

reemplazando en (7) los valores anteriores y efectuando los respectivos cambios de unidades, se tiene :

$$F = 2.04 \frac{L \cdot I_s^2}{d} \times 10^{-2} \text{ kg-f ----- (8)}$$

ó si se pone en función de la corriente de cortocircuito de la ecuación (4), se tiene :

$$F = 13.265 \frac{L \cdot I_{cc}^2}{d} \times 10^{-2} \text{ kg-f ----- (9)}$$

En el caso de un cortocircuito bifásico en un sistema trifásico, la corriente eficaz \$I_{cc}\$ sin tener en cuenta el e-

fecto de la componente directa será :

$$I_{cc} = \frac{V_n}{2 \cdot Z_f} \quad \text{-----(10)}$$

donde :

V_n : Tension eficaz de la linea en KV
 Z_f : Impedancia por fase en ohmios

B. Entre tres elementos conductores

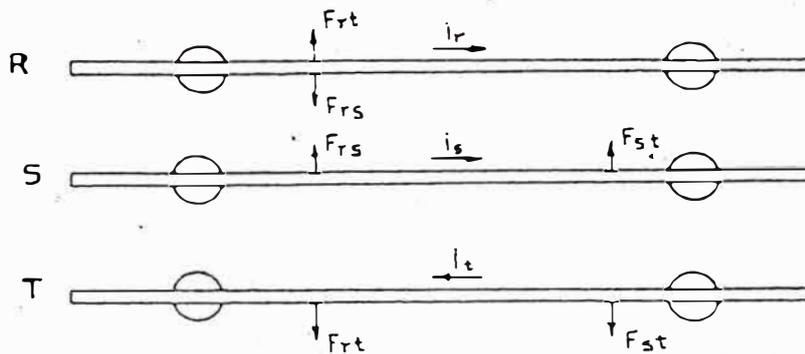


Figura 9

Si en las tres barras colectoras , circula un sistema balanceado de corrientes trifásicas , los valores instantáneos de estas según la ecuacion (3) es :

$$i_r = \frac{V_m}{Z} [\text{sen}(wt + \alpha - \phi) - e^{-Rt/L} \text{sen}(\alpha - \phi)]$$

$$i_s = \frac{V_m}{Z} [\text{sen}(wt + \alpha - \phi - 2\pi/3) - e^{-Rt/L} \text{sen}(\alpha - \phi - 2\pi/3)]$$

$$i_t = \frac{V_m}{Z} [\text{sen}(wt + \alpha - \phi - 4\pi/3) - e^{-Rt/L} \text{sen}(\alpha - \phi - 4\pi/3)]$$

Observando la figura 9 , se deduce que la fuerza máxima se presentara en el conductor central , debido a que la distancia a los otros dos conductores es el más corto y por lo tanto , bajo condiciones similares de corriente , se tendrá en esta barra el esfuerzo maximo.

$$F_s = F_{rs} + F_{st}$$

$$F_s = \frac{\mu_0 \cdot L \cdot i_s \cdot i_r}{2 \cdot \pi \cdot d} + \frac{\mu_0 \cdot L \cdot i_s \cdot i_t}{2 \cdot \pi \cdot d}$$

$$F_s = \frac{\mu_0 \cdot L \cdot i_s}{2 \cdot \pi \cdot d} (i_r + i_t)$$

como $i_s + i_r + i_t = 0$

$$F_s = - \frac{\mu_0 L i_s^2}{2 \pi d}$$

La fuerza F_s será máximo cuando i_s es máximo y al igual que en el acápite 2.1, i_s puede ser expresado como:

$$i_s = \frac{|V_m|}{|Z|} C_3$$

Las figuras 6 y 7 halladas para C_1 , serán las mismas para C_3 con la diferencia que el valor máximo corresponderá ahora para $\alpha = 120^\circ$.

Con las mismas consideraciones para C_1 , se considera el valor máximo de $C_3 = 1.8$, por lo que los valores máximos de F_s serán:

$$F_s = -2.04 \frac{L \cdot I_s^2}{d} \times 10^{-2} \text{ kg-f} \quad (11)$$

$$F_s = -13.265 \frac{L \cdot I_{cc}^2}{d} \times 10^{-2} \text{ kg-f} \quad (12)$$

En este caso I_{cc} es la corriente de cortocircuito trifásico y es igual a:

$$I_{cc} = \frac{V_n}{\sqrt{3} Z_f} \text{ KA} \quad (13)$$

donde:

V_n : Tensión eficaz de la línea en KV

Z_f : Impedancia por fase en ohmios

También I_{cc} puede calcularse a partir de:

$$I_{cc} = \frac{P_{cc}}{\sqrt{3} V_n} \text{ KA} \quad (14)$$

donde:

P_{cc} : Potencia de cortocircuito en MVA

V_n : Tensión eficaz de la línea en KV

En la práctica, para el cálculo de los esfuerzos electrodinámicos se toma en cuenta solo el nivel de cortocircuito trifásico. Además, teniendo en cuenta que los cálculos mecánicos se realizan con factores de seguridad de 2 a 2.5, no se justifica realizar un cálculo muy detallado de las corrientes que se presentarían en los diversos tipos de cortocircuito.

2.4. Dimensionamiento Mecánico de las Barras

2.4.1. Caso de Barras Simples

Una barra colectora desde el punto de vista mecánico se trata de un caso intermedio entre una barra simplemente apoyada y una barra empotrada .

En la figura No 10 se presenta una comparación de los momentos flectores entre varios tipos de apoyos :

* TIPO DE *	* APOYO *	* MOMENTO *	* FLECTOR *	
* Simple - *	* mente *	* Apoyado *	* $\frac{F_s \cdot L}{8}$ *	
* Empotra - *	* do en *	* ambos *	* extremos *	* $\frac{F_s \cdot L}{12}$ *
* Empotra - *	* do en un *	* solo *	* extremo *	* $\frac{F_s \cdot L}{8}$ *

Fig. 10 Momentos flectores máximos para diversos tipos de apoyo

Se puede observar que una viga simplemente apoyada es la consideración más desfavorable que se puede asumir.

Para una viga simplemente apoyada , el momento actuante será igual a :

$$M = \frac{F_s \cdot L}{8} \text{ kgf-cm} \text{ -----(15)}$$

donde :

Fs : Fuerza total distribuida entre apoyos en kgf

L : Longitud entre apoyos en cm.

Además para una barra que está bajo la acción de un

momento flector se produce un esfuerzo de flexión máximo en la fibra extrema de valor :

$$\sigma_f = \frac{M}{J/C} \text{ kgf/cm}^2 \quad \text{-----(16)}$$

donde :

- J : Momento de inercia en cm⁴
- C : Distancia de la fibra extrema a la fibra neutra en cm.

Este esfuerzo debe de ser menor al esfuerzo máximo admisible por el material, es decir :

$$\sigma_m > \sigma_f$$

para el cobre $\sigma_m = 1100 \text{ kgf/cm}^2$

Al valor de J/C se le denomina "MODULO DE LA SECCION" (W), y es función de la configuración geométrica de la barra.

$$\frac{M}{W_m} > \frac{M}{W}$$

$$W > W_m$$

$$W > \frac{M}{\sigma_m}$$

Es decir que el módulo de sección de la barra que se va utilizar en la instalación debe de ser mayor al calculado de dividir el momento actuante entre el esfuerzo máximo admisible del material.

2.4.2. Caso de Barras Colectoras Múltiples

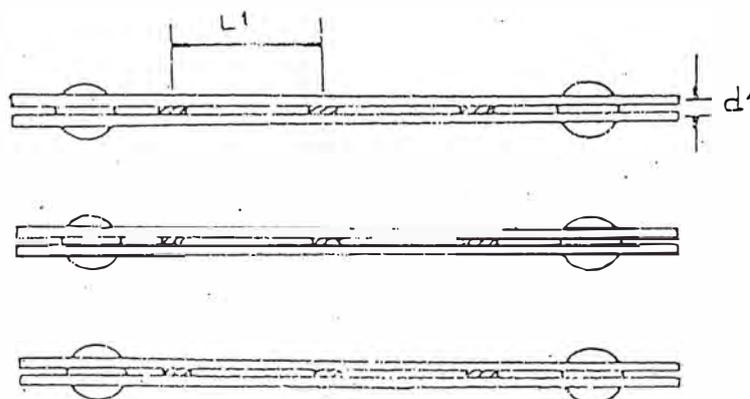


Figura N° 11

Cuando se tienen barras colectoras múltiples, se presentan esfuerzos debido a la interacción entre

las barras parciales. La fuerza entre barras parciales esta dado por la ecuacion :

$$F_s = 13.265 (L_1/d_1)(I_{cc}/N) \cdot 10^{-2} \text{ -----(17)}$$

donde :

- N : Número de conductores parciales
- L₁ : Distancia entre separadores en cm.
- d₁ : Distancia entre barras parciales en cm.

El momento actuante está dado por :

$$M_s = \frac{F_s \cdot L_1}{8} \text{ kgf-cm}$$

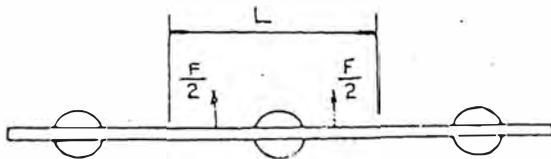
El esfuerzo de flexion en la fibra extrema es :

$$\sigma_s = \frac{M_s}{J_1/D_1} \text{ kgf/cm}^2 \text{ -----(18)}$$

Para verificar que una determinada disposición de barras colectoras múltiples soporta los esfuerzos debido a las corrientes de cortocircuito, se debe de cumplir que el esfuerzo máximo admisible por el material debe de ser mayor a la suma de los esfuerzos debido a las fuerzas entre las barras principales (ecuación 16) y entre las barras parciales (ecuación 18), es decir :

$$\sigma_m > \sigma_f + \sigma_s$$

2.5. Dimensionamiento de los aisladores



Después que se determina la máxima fuerza entre apoyos, el esfuerzo de ruptura en la punta del aislador estará dado por dicha fuerza dividida por un coeficiente de seguridad adecuado (generalmente 0.5)

$$P = \frac{F_{max}}{0.5} \text{ kg-f}$$

Efectos Termicos

3.1. Efectos Termicos producidos por la Corriente Nominal

Las variaciones de temperatura en el servicio , originan una elongación o una contracción de las barras las que ocasionan esfuerzos de tracción o compresión respectivamente . La dilatación lineal de una barra esta dado por :

$$\Delta l = L_0 . \alpha . \Delta \theta \text{ -----(19)}$$

donde :

- α : Coeficiente de dilatacion lineal en $1/^\circ\text{C}$
para el cobre = 0.000017 C^{-1}
para el aluminio = 0.000023 C^{-1}

L_0 : Longitud de la barra a la temperatura de montaje en cm.

$\Delta \theta$: Sobreelevación de temperatura en $^\circ\text{C}$.

Δl : Variación de longitud de la barra en cm.

Según las normas DIN el máximo incremento de temperatura permisible es de $30 \text{ }^\circ\text{C}$, a partir de una temperatura ambiente de $35 \text{ }^\circ\text{C}$.

Los cambios de longitud a causa de las variaciones de temperatura pueden ocasionar importantes esfuerzos mecánicos en las barras , en sus soportes y en las conexiones a aparatos si es que no se instalan las juntas de dilatación en las barras largas.

Las fuerzas resultantes se calculan igualando el cambio de longitud originado por la diferencia de temperaturas $(\theta - \theta_0) = \Delta \theta$ al cambio de longitud que originaría una fuerza mecánica F , es decir :

$$\Delta l = L_0 . \alpha . \Delta \theta = \frac{F . L_0}{E . A}$$

donde :

- F : Fuerza mecánica desarrollada en la barra en kgf
- E : Módulo de elasticidad en kgf/cm^2
para el cobre = 1250000 kgf/cm^2
para el aluminio = 720000 kgf/cm^2
- A : Sección de la barra en cm^2

3.2 Efectos Térmicos producidos por la Corriente de Cortocircuito

El calentamiento que se produce en las barras a causa de la corriente de cortocircuito es un proceso de corta duración por lo que se puede asumir que :

- No se produce cesión de calor al medio ambiente.
- El calor específico del material permanece constante.

El cálculo de la sobreelevación de temperatura en una barra debido a la corriente de cortocircuito permanente I_{ccp}

durante un tiempo t se evalúa por intermedio de la siguiente fórmula :

$$\Delta\theta = K / (A)^2 \cdot (I_{ccp})^2 \cdot (t + \Delta t) 10^2 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ ----(20)}$$

donde :

- I_{ccp} : Corriente de cortocircuito permanente en KA.
- t : tiempo del rele más el tiempo de apertura del interruptor en s.
- K : Constante del material
para el cobre = 0.0058
para el aluminio = 0.0149
- A : Area de la barra en cm^2
- $\Delta\theta$: Sobreelevación de la temperatura en $^\circ\text{C}$
- Δt : tiempo que se incluye con el objeto de tener en cuenta el mayor valor de la corriente de cortocircuito inicial.

$$\Delta t = (I_{cc}/I_{ccp})^2 \cdot T$$

T vale de 0.3 a 0.15 para cortocircuito trifásico y
de 0.6 a 0.25 para cortocircuito bifásico.

Asumiendo que $I_{cc} = I_{ccp}$, que T tiene el máximo valor y con una temperatura de funcionamiento en la barra de 65°C , se tiene que la temperatura máxima que alcanzará la barra es :

$$\theta = 65 + K / (A)^2 \cdot (I_{ccp})^2 \cdot (t + 0.6) 10^2 \text{ } ^\circ\text{C} \text{ ----(21)}$$

Según las normas VDE, las temperaturas máximas admisibles para los siguientes materiales es :

- para el cobre : $\theta_{cu} = 200^\circ\text{C}$
- para el aluminio : $\theta_{al} = 180^\circ\text{C}$

Es decir que el valor de θ calculado a través de la ecuación (21) debe de ser inferior a su correspondiente temperatura máxima admisible.

4 Resonancia

Las barras colectoras tienen una frecuencia natural de vibración " F_n " dada por la siguiente fórmula :

$$F_n = 112 \sqrt{(E \cdot J) / (G \cdot L^4)} \text{ c/s} \text{ ----(22)}$$

donde :

- E : Módulo de elasticidad del material de la barra en kgf/cm^2
- J : Momento de inercia en cm^4 .
- G : Peso de la barra en kg/cm
- L : Longitud de la barra en cm .

Si este valor de F_n se encuentra comprendido entre el (-10%, +10%) de la frecuencia eléctrica ($F_e = 60$ Hz en Lima) ó al doble de esta, puede producirse el fenómeno de la resonancia, por lo cual se debe de verificar que se cumpla:

- 1.1 $F_e < F_n < 0.9 F_e$ y
- 2.2 $F_e < F_n < 1.8 F_e$

5. Flecha

Para el caso más desfavorable, que es cuando se considera a la barra como una viga simplemente apoyada, la flecha que se produce en esta es:

$$Fl = \frac{5 \cdot G \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot J} \quad \text{cm} \quad \text{-----} \quad (23)$$

donde:

- G : Peso de la barra en kg/cm
- L : Longitud de la barra en cm.
- E : Módulo de elasticidad del material de la barra en kgf/cm²
- J : Momento de inercia en cm⁴.

El porcentaje en relación a la longitud entre apoyos será:

$$\% Fl = \frac{Fl}{L} \times 100$$

Para la tolerancia, el valor queda a criterio del diseñador, es puramente estético, no hay nada normalizado.

6. Ejemplo

ANEXO 3

TABLA 2-XXXI
FACTORES DE CORRECCIÓN RELATIVOS A LA
TEMPERATURA DEL SUELO

Máxima temperatura admisible de los conductores del cable °C	Temperatura del suelo °C									
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
80	1.12	1.08	1.04	1.00	0.96	0.91	0.87	0.82	0.76	0.71
75	1.13	1.09	1.05	1.00	0.95	0.90	0.85	0.79	0.73	0.67
70	1.14	1.09	1.05	1.00	0.95	0.89	0.84	0.77	0.71	0.63
65	1.15	1.10	1.05	1.00	0.94	0.88	0.82	0.75	0.67	0.58
60	1.16	1.11	1.06	1.00	0.93	0.87	0.79	0.71	0.61	0.50

TABLA 2-XXXII

**FACTORES DE CORRECCION DE LA CAPACIDAD DE CORRIENTE
RELATIVOS A LA RESISTIVIDAD TERMICA DEL SUELO**

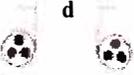
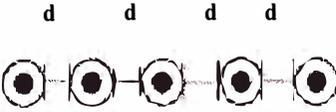
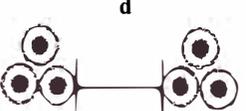
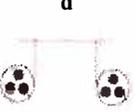
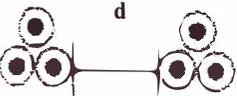
Sección del conductor mm ²	Resistividad térmica del suelo °C cm/W								
	50	70	80	100	120	150	200	250	300
Cables multipolares con aislamiento termoplástico									
Hasta 25	1.18	1.10	1.07	1.00	0.95	0.89	0.80	0.74	0.69
35 - 95	1.24	1.12	1.08	1.00	0.94	0.87	0.77	0.70	0.65
120 - 300	1.25	1.13	1.08	1.00	0.93	0.86	0.76	0.69	0.64
Sistemas de cables unipolares con aislamiento termoplástico									
6 - 500	1.39	1.17	1.11	1.00	0.92	0.83	0.73	0.65	0.60
Cables multipolares con aislamiento de papel									
Hasta 25	1.19	1.09	1.06	1.00	0.96	1.91	0.83	0.77	0.73
35 - 95	1.20	1.10	1.07	1.00	0.96	0.90	0.81	0.75	0.71
120 - 300	1.23	1.12	1.08	1.00	0.95	0.88	0.79	0.73	0.68
Sistemas de cables unipolares con aislamiento de papel									
Hasta 25	1.25	1.13	1.07	1.00	0.97	0.91	0.84	0.78	0.74
35 - 95	1.26	1.14	1.08	1.00	0.97	0.90	0.83	0.76	0.72
120 - 300	1.28	1.16	1.09	1.00	0.96	0.89	0.81	0.74	0.70

TABLA 2-XXXIII

RESISTIVIDAD TERMICA DEL SUELO EN °C cm/W SEGÚN COMPOSICION Y GRADO DE HUMEDAD

Composición	GRADO DE HUMEDAD				
	Muy húmedo saturado	Húmedo	Semi-húmedo	Seco	Muy seco
Arcilla y humus (tierra de cultivo) de fácil compactación	50	60	80	120	120
Arena y arcilla con algo de humus, Semicompactado	60	80	100	150	180
Arena y arcilla con piedras pequeñas. Terrenos calcáreos de poca compactación	--	100	120	180	220
Arena, algo de arcilla y piedras medianas, sin compactación.	--	--	150	200	250
Arena y piedras grandes, imposibles de compactar	--	--	--	250	280
Acumulación de rocas en la que no existe retención de arena o arcilla.	--	--	--	--	300

TABLA 2-XXXIV
FACTORES DE CORRECCION DE LA CAPACIDAD DE CORRIENTE RELATIVOS A LA PROXIMIDAD DE OTROS
CABLES TENDIDOS BAJO EL SUELO

Número de cables multipolares o de sistemas de cables unipolares	2	3	4	5	6	8	10
Cables multipolares Aislamiento termoplástico  $d = 7\text{cm.}$	0.82	0.76	0.69	0.65	0.61	0.57	0.53
Sistemas de cables unipolares Dispuestos horizontalmente Aislamiento termoplástico  $d = 7\text{cm.}$	0.82	0.73	0.68	0.65	0.62	0.58	0.56
Sistemas de cables unipolares Dispuestos en triángulo Aislamiento termoplástico  $d = 7\text{cm.}$	0.78	0.78	0.74	0.70	0.68	0.65	0.63
Cables multipolares Aislamiento de papel  $d = 25\text{cm.}$	0.86	0.77	0.71	0.67	0.64	0.60	0.57
Sistemas de cables unipolares dispuestos horizontalmente Aislamiento de papel  $d = 7\text{cm.}$	0.85	0.74	0.70	0.67	0.65	0.61	0.60
Sistemas de cables unipolares Dispuestos en triángulo Aislamiento de papel  $d = 25\text{cm.}$	0.85	0.77	0.73	0.69	0.67	0.64	0.62

Nota.- Para cables de tension nominal 12/20 y 30kV. Multipolares con aislamiento de papel tendidos en proximidad con otros similares y a una distancia de 7 cm, se tendrán en cuenta los siguientes coeficientes de reducción: para dos cables, de 0.9; para cuatro cables, 0.8; para seis cables, 0.7.

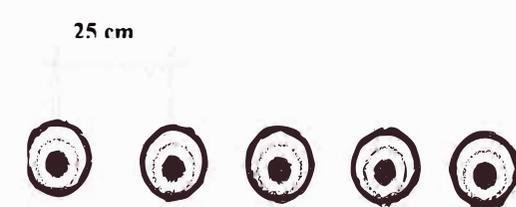
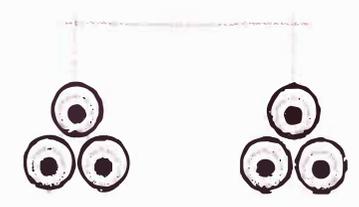
TABLA 2-XXXV
FACTORES DE CORRECCION DE LA
CAPACIDAD DE CORRIENTE RELATIVOS
A LA PROFUNDIDAD DE TENDIDO

Profundidad de Tendido (m)	(Sección mm ²)	
	Hasta 300	Mayor 300
0.50	1.02	1.03
0.60	1.01	1.02
0.70	1.00	1.00
0.80	0.98	0.97
1.00	0.96	0.95
1.20	0.95	0.94
150	0.94	0.92

TABLA 2-XXXVI
FACTORES DE CORRECCION DE LA CAPACIDAD DE
CORRIENTE RELATIVOS AL TENDIDO EN DUCTOS

Tendido en ductos	Sección mm ²	Cable multipolar	Sistema De cables unipolares
<u>Un solo ducto</u> 	Hasta 50 70 - 150 185 - 400 500 o más	0.81 0.80 0.79 -	0.81 0.79 0.76 0.69
Tres ductos (no ferroso) <u>En línea horizontal</u> 	Hasta 50 70 - 150 185 - 400 500 o más	- - - -	0.82 0.80 0.77 0.70
<u>En triángulo</u> 	Hasta 50 70 - 150 185 - 400 500 o más	- - - -	0.83 0.81 0.78 0.71

TABLA 2-XXXVII
FACTORES DE CORRECCION DE LA CAPACIDAD DE CORRIENTE
RELATIVOS ALA PROXIMIDAD DE OTROS CABLES
TENDIDOS EN DUCTOS

Número de cables o de Sistemas	Cables multipolares					Sistema de cables unipolares		
	2	3	4	5	6	2	3	4
<u>Un solo ducto:</u> 	0.91	0.85	0.81	0.78	0.76	0.87	0.79	0.75
<u>Tres ductos (no ferroso) en línea horizontal 25 cm.</u> 	-	-	-	-	-	0.89	0.81	0.77
<u>En triángulo 40 cm.</u> 	-	-	-	-	-	0.88	0.80	0.76

ANEXO 4

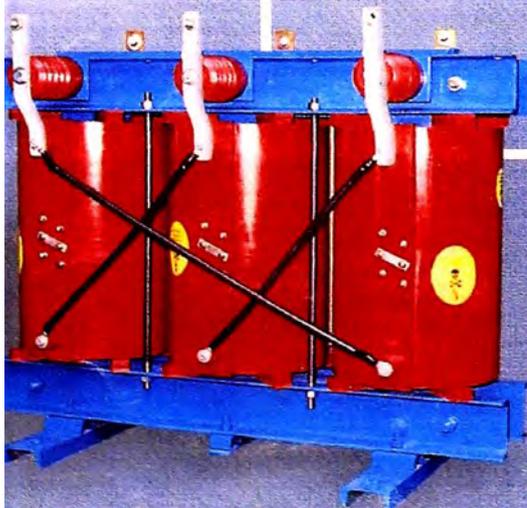


CEA

COMPAÑIA ELECTRO ANDINA S.A.C.

TRANSFORMAMOS
ENERGÍA EN PROGRESO

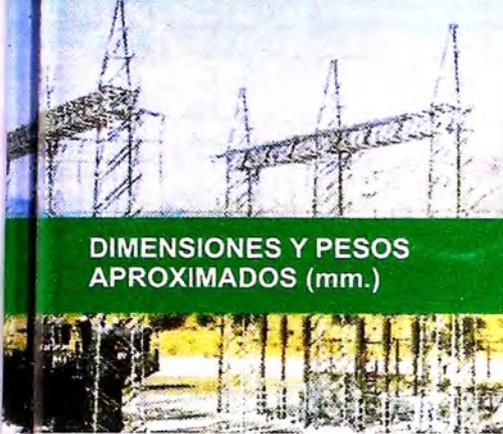
TRANSFORMADORES DE DISTRIBUCION



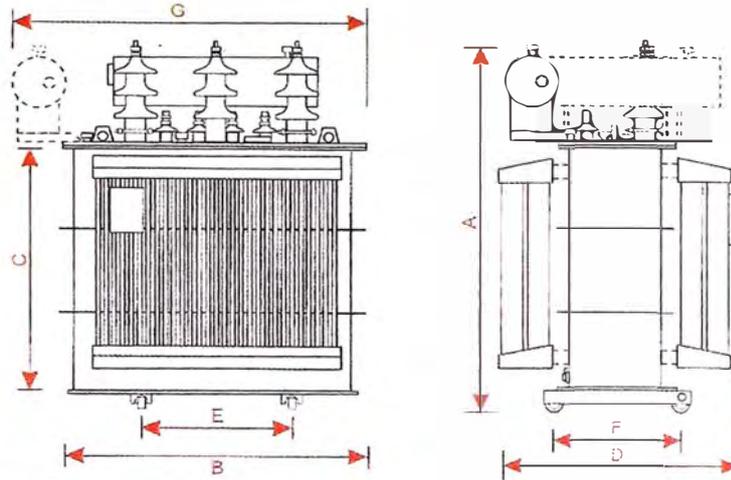
INSTRUCCIONES PARA:

- TRANSPORTE
- RECEPCION EN OBRA
- INSTALACION
- PUESTA EN SERVICIO Y
- MANTENIMIENTO

2007 **CEA** 2008



DIMENSIONES Y PESOS APROXIMADOS (mm.)



CLASIFICACION	A	B	C	D	E	F	G	PESO (KG)
5	980	680	550	480	330	330	---	180
10	1020	700	570	500	340	340	---	218
15	1060	730	620	530	350	350	---	270
20	1100	800	650	550	370	370	---	315
25	1150	850	680	570	400	400	---	435
30	1200	870	740	580	420	420	---	515
35	1270	910	760	600	430	430	---	595
40	1300	950	800	620	450	450	---	710
45	1380	980	850	750	460	460	---	850
50	1400	1020	900	780	500	500	---	1030
55	1500	1120	960	860	540	540	---	1235
60	1620	1180	1020	980	560	560	---	1460
65	1680	1200	1080	1050	560	560	---	1650
70	1700	1250	1100	1150	580	580	---	1920
75	2000	1600	1250	1200	580	580	1900	2670
80	2100	1800	1320	1250	620	620	2150	3100
85	2150	1980	1500	1330	700	700	2400	3670
90	2500	2150	1650	1600	750	750	2550	4500



T3DMI
(AISLADORES DE PORCELANA)

PRODUCTOS C.E.A. :

- Transformadores de Distribución hasta 100KVA, 52KV.
- Transformadores de Distribución en Medición Incorporada.
- Transformadores Secos.
- Transformadores de Medición de Tensión y Corriente hasta 36 KV.
- Transformadores de Medición mixtos RAFA (RFX).
- Transformadores de Aislamiento para redes de Cómputo.
- Transformadores de Distribución con Medición Integrada (TDMI)
- Transformadores de Distribución Anti-Húmedad (TDAH)
- Transformadores de Puesta a Tierra Neutro Artificial).
- Transformadores de Arranque de motores hasta 7,2KV, 2000KW.
- Relés Limitadoras de las corrientes de cortocircuito.
- Transformadores especiales.
- Servicio de Mantenimiento y Reparación de Transformadores.



3MVA 22,9 / 10KV



TRAFOMIX



Exportamos Tecnología Peruana a Bolivia, Ecuador y Venezuela

PRODUCTO PERUANO

Premio MERCURIO 2003 al Mejor EXPORTADOR en el Perú

Calle El Hierro 162 Urb. Infantas - Los Olivos, Lima 39 - Perú (Alt. Panamericana Norte Km 18.5)
 Telfs.: (51-1) 528-1551 / 528-8238 / 528-8643 Fax : Anexo 103 Nextel : 815*4196
 E-mail : ventas@cea.com.pe sperez@cea.com.pe mmachado@cea.com.pe
 www.trafomix.net www.cea.com.pe



SECCIONADOR DE POTENCIA

Gran confiabilidad de servicio
Robusta constitución mecánica
Extinción del arco por soplo de aire
Mando versátil



TIPO	EJECUCION BASICA	UNIFILAR BASICO	OPCIONALES
SpaI-A	Seccionador de potencia en aire para uso interior con mecanismo de mando tipo A. Palanca de mando manual		<ul style="list-style-type: none"> (T) Bases portafusibles sin sistema de desconexión (T) Cuchillas de puesta a tierra con bloqueo mecánico Aisladores inferiores capacitivos Contactos auxiliares (M) Mando motorizado Ejes de acero inoxidable
SpaI-B	Seccionador de potencia en aire para uso interior con mecanismo de mando tipo B. Con bases portafusibles y sistema de desconexión automática a la fusión de cualquiera de los fusibles. Palanca de mando manual		<ul style="list-style-type: none"> (T) Cuchillas de puesta a tierra con bloqueo mecánico (L) Seccionador de Línea con bloqueo mecánico (B) Seccionador de Barras con bloqueo mecánico Aisladores inferiores capacitivos Bobina de desconexión 110, 220 VCA, 24, 48 VDC Contactos auxiliares (M) Mando motorizado Ejes de acero inoxidable

12, 24, 36 KV

Características generales

El seccionador de potencia ELECIN-FELMEC es un aparato de maniobra tripolar, de apertura y cierre a plena carga, para montaje interior, con mecanismo de mando independiente de la fuerza del operador, equipado con sistema de extinción del arco mediante soplado de aire.

Chasis

Todos los elementos constitutivos del seccionador están montados sobre un chasis sólido de lámina de fierro de 4 mm de espesor. Sobre este chasis se encuentran los aisladores soporte de los contactos fijos y móviles, así como los aisladores de las bases portafusibles. Esta constitución unitaria garantiza el correcto alineamiento de los fusibles y la invariabilidad de la distancia "e".

Aisladores

Son de resina epóxica de larga línea de fuga. Los aisladores superiores, que soportan los contactos fijos, tienen un conducto que permite el flujo del aire para la extinción del arco eléctrico.

Contactos móviles y fijos

Los contactos móviles están formados por perfiles de cobre electrolítico (dos por polo) que garantizan gran rigidez mecánica. Los contactos móviles tienen además un juego de contactos auxiliares los cuales realizan el trabajo de ruptura de arco eléctrico con la ayuda de un fuerte soplado de aire que se describe más adelante.

Sistema de extinción del arco eléctrico

La extinción del arco eléctrico, que se produce durante la maniobra de apertura entre contactos auxiliares y fijos, está garantizada por lo siguiente:

- Alta velocidad de apertura de los contactos móviles.
- Forma especial de los contactos auxiliares,
- Soplado enérgico de aire que circula a través de los contactos fijos. Para este efecto el seccionador cuenta con tres cilindros independientes, de acero inoxidable, provistos de pistones cuyo movimiento se realiza por medio de un sistema de transmisión acoplado a los ejes principal y de contactos móviles.

Sistema de mando

El sistema de mando permite la apertura y cierre del seccionador en forma independiente de la velocidad y fuerza del operador; mediante un sistema de resorte siempre descargado; la carga de resorte ocurre en el momento en que el seccionador es accionado para la apertura o para el cierre. La operación de apertura o cierre se realiza un mecanismo y un tubo de extensión acoplado al eje principal mediante las levas correspondientes (cuando el seccionador está instalado de forma frontal) o directamente sobre el eje (cuando el seccionador está instalado de forma lateral).

Mecanismos de operación

Pueden ser de dos tipos:

- Tipo A: Tiene un solo resorte el que se carga y se descarga durante la operación de cierre o de apertura
- Tipo B: Tiene dos resortes, uno para el cierre y el otro para la apertura el cual se carga durante la operación de cierre.

Montaje en celda

Los seccionadores de potencia tipo Spal- A o B pueden instalarse de forma frontal, o lateral en un celda.

Montaje frontal: se requiere de una palanca, mecanismo de operación que se instala sobre el frente de maniobra de la celda y la transmisión correspondiente.

Montaje lateral: Sólo se requiere de una palanca y la operación es rotativa (ver fig 3)

Fusibles

Los fusibles son parte integrante de un seccionador de potencia que posea bases portafusibles integradas (tipo Spal-B). La selección de los fusibles debe ser adecuada cuando se trata de utilizarlos como medio de protección de un alimentador (salida de una subestación de distribución) o de un transformador. En ambos casos los fusibles sólo se aplican como protección contra sobrecorrientes (cortocircuitos). Cuando se trata de un alimentador es recomendable observar que la corriente nominal del alimentador no supere el 70/80 % de la corriente nominal del fusible. Cuando se trata de proteger transformadores, generalmente, los fusibles deben seleccionarse con una corriente nominal del orden del 150 al 200 % de la corriente nominal del transformador (conviene observar las recomendaciones del fabricante de fusibles - Ver tabla referencial en este folleto); la regla general a seguir es: Los fusibles debe seleccionarse de manera que: a) no se quemen con la corriente de inserción del transformador; b) actúen cuando la falla ocurre en el primario del transformador; c) cuando la falla es en la barra de baja tensión o en una salida, debe actuar primero el interruptor de protección respectivo

Aplicación en Subestaciones de Usuarios

El seccionador de potencia ELECIN-FELMEC es el aparato preferido como el más económico y confiable elemento de maniobra y protección principal en Subestaciones Eléctricas de usuarios finales. Usualmente y por limitación de los fusibles son aplicables, de forma holgada, para proteger transformadores de hasta 2000 KVA (en 10 KV), 3000 KVA (en 22.9 KV) y 4000 KVA (en 33 KV)

Poder de cierre

Una de las características a considerar cuando se selecciona un seccionador de potencia, es el denominado Poder de Cierre cuyo efecto se manifiesta si ocurre un cierre contra un cortocircuito; ante tal ocurrencia, los efectos son de carácter electro dinámico por lo cual es de interés la corriente de pico o de choque. No obstante, si se trata de seccionadores de potencia con fusibles limitadores, la corriente de pico no es alcanzada pues es cortada por dichos fusibles. A este respecto ver, en la Nota 1, lo que dice la Norma IEC.

Protección contra sobrecargas y contra fallas a tierra

El seccionador de potencia ELECIN-FELMEC se puede aplicar como elemento de protección contra sobrecargas y contra fallas de puesta a tierra sólo mediante la adición de una bobina de desconexión que recibe la señal del relé correspondiente

Normas

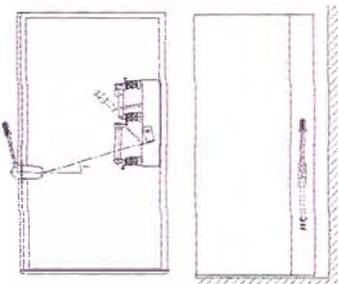
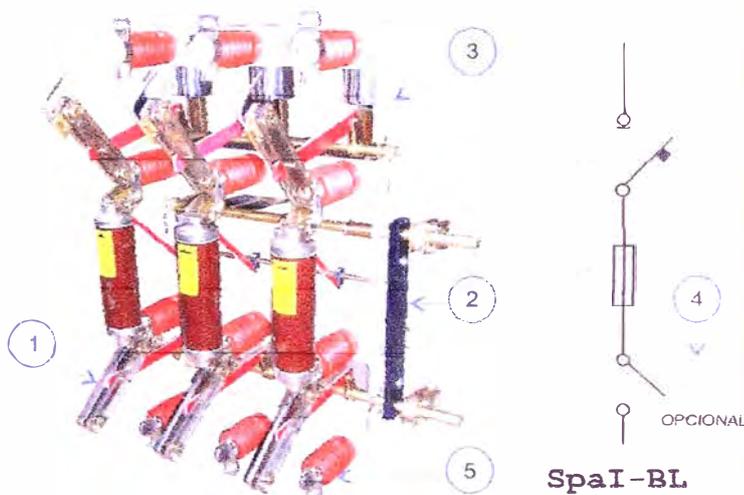
IEC 265, 420, 694

Aplicaciones

El Seccionador tipo SpaI-BL

Tiene aplicación muy extendida como elemento de maniobra en celdas de llegada, tanto en Subestaciones Convencionales como Compactas.

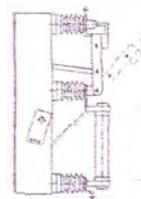
Posee como accesorio especial un Seccionador Tripolar (1), denominado Seccionador de Línea que se abre, mediante mando por palanca, de abajo para arriba de modo que en su posición ABIERTO sus cuchillas quedan sin tensión. Posee un Bloqueo Mecánico (2) que impide que el Seccionador de Línea pueda abrirse cuando el seccionador de Potencia está en posición Cerrado; a su vez, el Seccionador de Potencia no podrá cerrarse si el Seccionador de Línea está en posición Abierto. Tanto el Seccionador de Potencia como el de Línea están montados sobre un Chasis (3) unitario lo que permite mantener su perfecta sincronización durante todo el período de vida del aparato. En caso sea requerido el Seccionador de Línea, en su posición Abierto, puede quedar automáticamente Puesto a Tierra (4). Los aisladores inferiores (5) pueden ser del tipo Capacitivos con lámparas de señalización de presencia de tensión



El seccionador de potencia se instala normalmente de forma frontal en cuyo caso se suministra (accesorio normal) un mando con palanca retirable y tubo de transmisión. El ángulo a no tiene restricciones por lo cual el mando puede instalarse a cualquier altura en el frente de la celda.

La palanca de mando se desplaza en un plano vertical (no rotativo), por lo tanto la celda puede instalarse de forma adyacente a una pared

FIG 1



La distancia "e" se define de acuerdo a los requerimientos del cliente. Normalmente, según la norma DIN 43625:

KV	e (mm)
12	292
17	367
24	442
36	537

FIG 2



Montaje lateral

El seccionador de potencia ELECIN-FELMEC puede instalarse de forma lateral; en este caso el mando es directamente sobre su eje, sin necesidad de mecanismo ni varillaje de transmisión, lo cual simplifica su instalación y maniobra. En la imagen se observa un seccionador de potencia tipo SpaI-B, instalado lateralmente en una celda que contiene también un TRAFOMIX

FIG 3



Mando motorizado

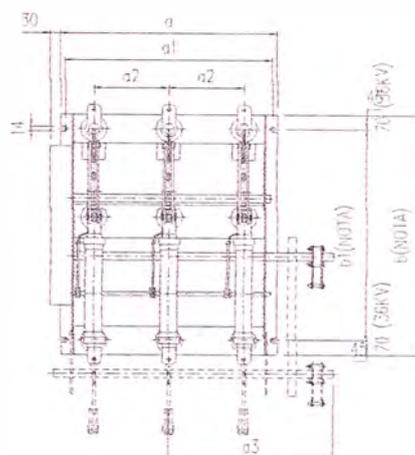
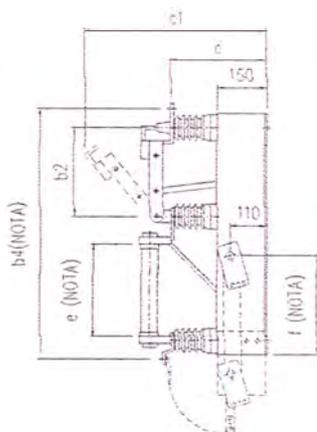
Los seccionadores de potencia tipo SpaI-A o SpaI-B pueden dotarse de un mecanismo de mando motorizado. El mecanismo se instala de forma independiente por lo cual también puede aplicarse a seccionadores de potencia ya instalados en subestaciones de usuarios o de centros de distribución. El tiempo de apertura es de 1 s el de cierre de 5 s, aproximadamente. En caso necesario, el mecanismo motorizado puede ser desactivado para el mando manual del seccionador. Fuente auxiliar: 110, 220 VCA

FIG 4

OTRAS APLICACIONES DEL SECCIONADOR DE POTENCIA

- En Celdas Modulares
- En Sistemas de Transferecia manual o automática
- En celdas para Minas, etc

Dimensiones y datos técnicos



NOTA

Para 12 y 17.5KV, incrementar 150 mm
si fusible "e" = 442
Para 36 KV, incrementar 95 mm
si fusible "e" = 537

KV	Dimensiones aproximadas en mm												Kg
	a	a1	a2	a3	b	b1	b2	b4	c	c1	e	f	
12	650	620	225	495	760	670	280	790	290	545	292	313	70
17.5	650	620	225	495	760	670	280	790	335	610	292	313	75
24	800	770	300	630	1030	940	400	1060	365	745	442	495	90
36	1000	990	400	830	1190	1050	510	1220	490	925	442	520	140

CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

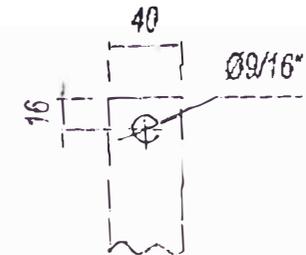
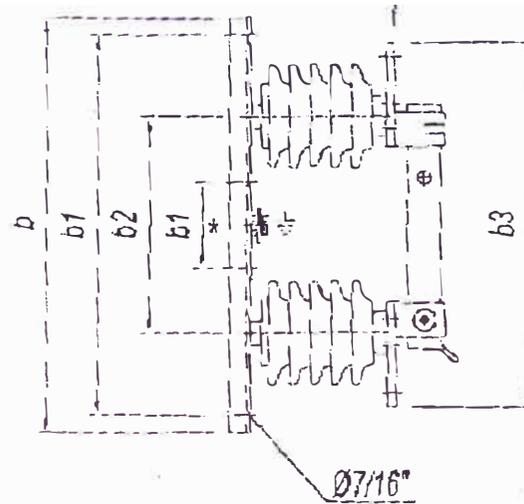
Tensión nominal	KV	12	17.5	24	36
Nivel de aislamiento (BIL) a tierra y entre polos	KV	75	95	125	170
Nivel de aislamiento (BIL) a través de la distancia de separamiento	KV	85	110	145	195
Tensión de prueba, 1 min. a tierra y entre polos	KV	28	38	50	70
Tensión de prueba, 1 min a través de la distancia de separamiento	KV	32	45	60	80
Corriente nominal	A	400,630	400,630	400,630	400
Par de ruptura en circuitos de transformadores en vacío	A	16	16	16	16
Par de ruptura en circuitos de cables en vacío	A	10	10	10	10
Corriente de corta duración	A	16	16	16	16
Par de cierre (valor pico)	KA	40	40	40	31.5

Tabla orientativa de selección de fusibles de acuerdo a la potencia del transformador

KVA	10 KV	22.9 KV	33 KV
	Corriente nominal del fusible		
100	10	4	3
160	16	7	5
200	20	9	6
250	25	11	7
320	31	14	10
400	39	17	12
500	49	21	15
630	62	27	19
800	79	34	24
1000	98	43	30
1250	123	54	37
1600	157	69	48
2000	196	86	59

Se recomienda seleccionar los fusibles de corriente nominal inmediatamente superior a la señalada, o consultar con el proveedor

Nota 1: Sobre este particular la Norma IEC 298 en su acápite 4.6 (rated peak withstand current) anota lo siguiente "In principle, the rated short time withstand current and the rated peak withstand current of main circuit cannot exceed the corresponding rated values of the weakest of its series connected components. However, for each circuit or compartment, advantage may be taken of apparatus limiting the short circuit current, such as current-limiting fuses, reactors, etc".



Borne

Tensión nominal kV	Dimensiones aproximadas en milímetros					PESO kg
	b	b1	b2	b3	c	
15	480	440	250	421	200	10
25	480	480	370	541	225	12

MATERIALES

* Chasis de plancha de fierro doblada sometida a un proceso de limpieza profunda y aplicación de pintura en polvo electrostática y secado al horno. Provista de perno de puesta a tierra.

* Aisladores de Porcelana.

* Borne de Cu electrolytico: 10x40mm (estañado).

* Cuchillas Cu electrolytico: 400A=5x40mm (estañado) 630A=6x50mm (estañado).

* Aislamiento por porcelana.

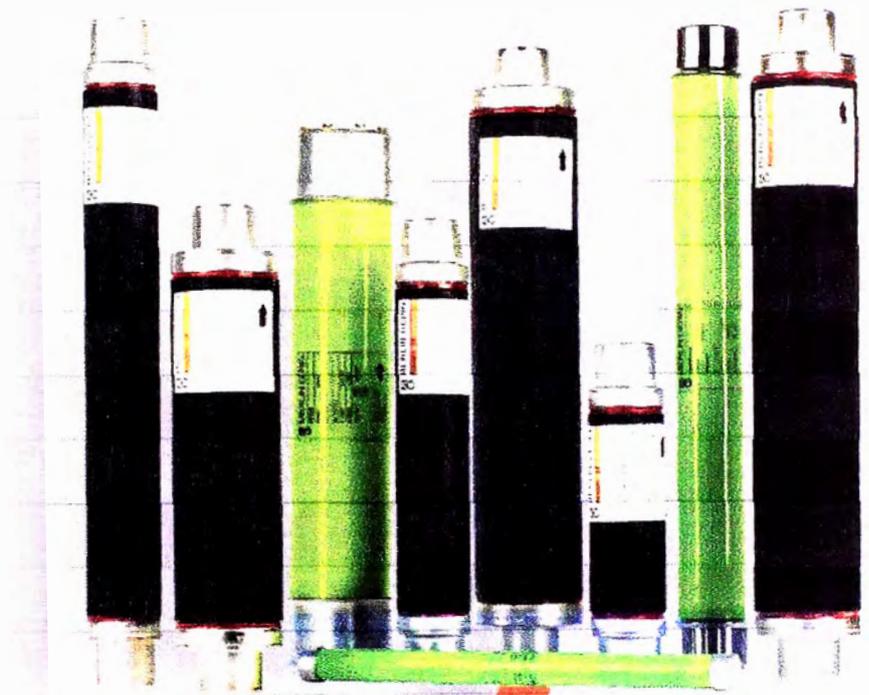
Características Eléctricas

Variable	Unidad	15 kV	25 kV	
Voltage nominal	Un kV	15	25	
Corriente nominal	In A	400	400	
		630	630	
Corriente de corta duración	Iti: kA	16	16	
Corriente pico soportable	I _{dyn} : kA	40	40	
Voltage soportable a frecuencia industrial				
	- A tierra y entre polos	kV	28	50
	- A través de la distancia de aislamiento	kV	32	60
Voltage de impulso soportable				
	- A tierra y entre polos	kV	75	125
	- A través de la distancia de aislamiento	kV	85	145
Normas de fabricación		IEC 129 IEC 694 (Tabla 1a)		

0	1	2	3	4	5	6	7	8
1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000

Medium voltage switchgear

Fuses from 3.6 to 36 kV



Catalogue

2007



 **Merlin Gerin**

References and characteristics

Table no. 1 (continued)

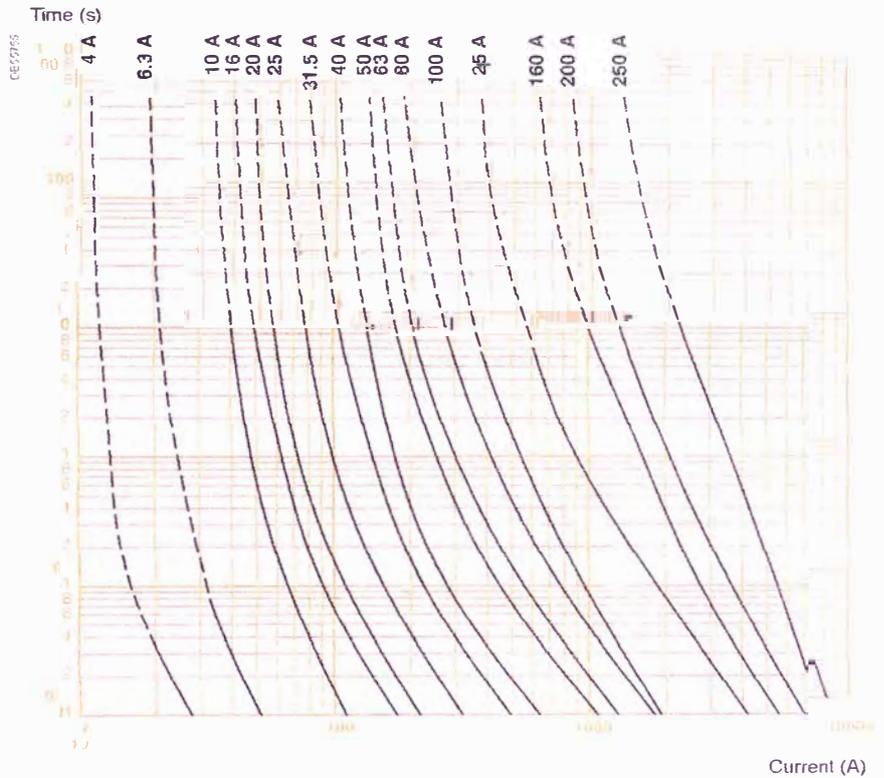
Reference	Rated voltage (kV)	Operating voltage (kV)	Rated current (A)	Max. breaking current I ₁ (kA)	Min. breaking current I ₃ (A)	Cold resistance* (mΩ)	Dissipated power (W)	Length (mm)	Diameter (mm)	Weight (kg)
108 807 MO	24	10/24	10	40	36	485	26	367	50.5	1.5
108 808 MO			16		50	158	58		55	2.2
108 813 MO			20		62	123	67		76	3.9
108 814 MO			25		91	85	76	76	3.9	
108 809 MO			31.5		101	61	93	76	3.9	
108 810 MO			40		135	42	115	76	3.9	
311 009 MO			4		20	1436	34	442	50.5	1.7
006 538 MO			6.3		36	485	25			
006 539 MO			10		34	248	31			
006 540 MO			16		50	158	58			
006 541 MO	20	62	123	67						
006 542 MO	25	91	85	79						
006 543 MO	31.5	101	61	96						
006 544 MO	40	135	42	119						
1108 915 MO	6.3	38	484	26	292	50.5	1.2			
1108 916 MO	10	40	248	35						
1108 917 MO	16	60	158	64						
1108 918 MO	20	73	123	84						
1108 919 MO	25	100	88	79						
1108 920 MO	31.5	112	61	90						
1108 921 MO	40	164	45	120						
1108 922 MO	50	233	30	157						
1108 923 MO	63	247	23	177	442	76	4.5			
51006 545 MO	50	180	31.5	136						
51006 546 MO	63	215	22.8	144						
51006 547 MO	80	330	18	200						
51006 548 MO	100	450	13.5	240	86	5.7				
51311 010 MO	36	20/36	4	20	20	2109	51	537	50.5	1.9
51006 549 MO			6.3		36	750	39			
51006 550 MO			10		34	380	50			
51006 551 MO			16		50	252	98			
51006 552 MO			20		62	197	120			
51006 553 MO			25		91	133	133			
51006 554 MO			31.5		101	103	171			
51006 555 MO			40		135	70	207			
51006 556 MO			50		200	47	198			
51006 557 MO			63		250	35	240			

* Resistances are given at ±10% for a temperature of 20 °C. Fuses > 100 A rated current, are manufactured in glass fibre (for indoor use).

Fusarc CF

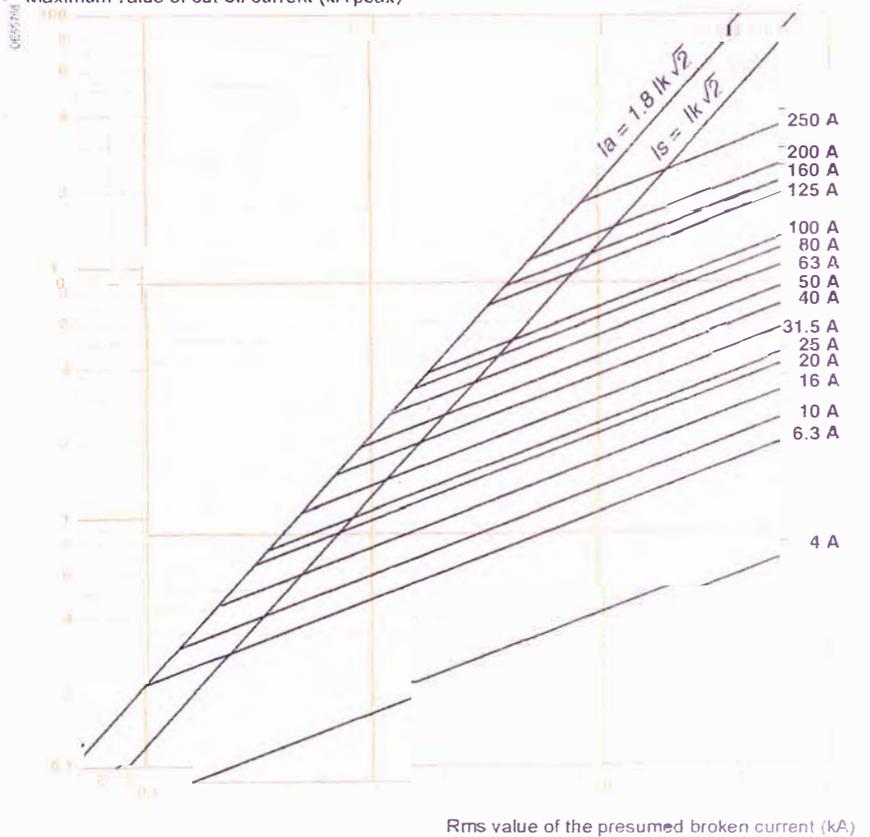
Fuse and limitation curves

Time/current characteristics curves 3.6 - 7.2 - 12 - 17.5 - 24 - 36 kV



Current limitation curves 3.6 - 7.2 - 12 - 17.5 - 24 - 36 kV

Maximum value of cut-off current (kA peak)



The diagram shows the maximum limited broken current value as a function of the rms current value which could have occurred in the absence of a fuse.

Usos

Distribución y subtransmisión subterránea de energía. Como alimentadores de transformadores en sub-estaciones. En centrales eléctricas, instalaciones industriales y de maniobra, en urbanizaciones e instalaciones mineras, en lugares secos o húmedos.

Descripción

Conductor de cobre electrolítico recocido, cableado compactado. Compuesto semiconductor extruído sobre el conductor. Aislamiento de Polietileno Reticulado (XLPE), compuesto semiconductor extruído y cinta o alambres de cobre electrolítico sobre el conductor aislado. Cubierta externa de PVC.

Características

Temperatura del conductor de 90°C para operación normal, 130°C para sobrecarga de emergencia y 250°C para condiciones de corto circuito. Excelentes propiedades contra el envejecimiento por calor. Resistencia al impacto y a la abrasión. Resistente a la luz solar, intemperie, humedad, ozono, ácidos, álcalis y otras sustancias químicas a temperaturas normales. Retardante a la llama.

Marca

INDECO S.A. N2XSY <Voltaje> <Sección> <Año> <Metrado Secuencial>

Calibres

10 mm² - 500 mm²

Embalaje

En carretes de madera; en longitudes requeridas.

Colores

Aislamiento: Natural.

Cubierta¹: Rojo.

**Norma(s) de Fabricación**

NTP-IEC 60502-2

Tensión de servicio

3.6/6kV, 6/10kV, 8.7/15kV,
12/20kV, 18/30 kV

Temperatura de operación

90°C

(¹) A solicitud del cliente se puede cambiar de color.

TABLA DE DATOS TECNICOS N2XS Y 18/30 kV

PARAMETROS FISICOS

SECCION NOMINAL	NUMERO HILOS	DIAMET CONDUCT	ESPESOR		DIAMETRO EXTERIOR	PESO
			AISLAM.	CUBIERTA		
mm ²		mm	mm	mm	mm	Kg/Km
50	19	8.15	8.0	2	33.5	1367
70	19	9.78	8.0	2.1	35.3	1636
95	19	11.55	8.0	2.1	37.1	1940
120	37	13	8.0	2.2	38.8	2235
240	37	18.51	8.0	2.4	44.7	3676
300	37	20.73	8.0	2.5	47.1	4350
500	61	26.57	8.0	2.9	59.1	7206

PARAMETROS ELECTRICOS

SECCION NOMINAL	RESISTENCIA DC a 20°C	RESISTENCIA AC		REACTANCIA INDUCTIVA		AMPACIDAD ENTERRADO (20°C)		AMPACIDAD AIRE (30°C)	
		(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)
		Ohm/Km	Ohm/Km	Ohm/Km	Ohm/Km	Ohm/Km	Ohm/Km	Ohm/Km	Ohm/Km
50	0.387	0.494	0.494	0.2761	0.1711	250	230	280	245
70	0.268	0.342	0.342	0.2638	0.1622	305	280	350	300
95	0.193	0.247	0.247	0.2528	0.1539	365	330	425	365
120	0.153	0.196	0.196	0.2439	0.1471	410	375	485	420
240	0.0754	0.098	0.098	0.2211	0.1317	580	545	720	630
300	0.0601	0.078	0.08	0.2143	0.1278	645	610	815	720
500	0.0366	0.05	0.052	0.2004	0.1194	770	765	1015	930

(A)= 3 cables unipolares en formación tripolar, tendidos paralelos con una separación de 7 cm.

(B)= 3 cables unipolares en formación tripolar, tendidos, agrupados en triángulo, en contacto.

BAJO LAS SIGUIENTES CONDICIONES:

- TEMPERATURA DEL SUELO = 20°C
- TEMPERATURA DEL AIRE = 30°C
- RESISTIVIDAD DEL SUELO = 1k.m/W
- PROFUNDIDAD DE INSTALAC. = 700 mm.



PLETINAS DE COBRE PARA APLICACIONES ELÉCTRICAS SEGÚN EN 13601



INTENSIDAD ADMISIBLE . DIN 43671

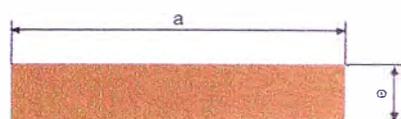
Temperatura ambiente 35 °C · Temperatura final barras 65 °C · Conductividad 56 M/Ωmm² (ρ= 0,0176Ωmm²/m)

Ancho x Expositor	Corriente alterna hasta 60 Hz								Corriente continua y alterna 16 2/3 Hz								CARACTERÍSTICAS ESTÁTICAS					
	Pintado				Brillante				Pintado				Brillante				$x \cdot \frac{F}{x}$ $y \cdot \frac{F}{y}$					
	Numero Barras				Numero Barras				Numero Barras				Numero Barras				Jx	Wx	lx	Jy	Wy	ly
	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	cm²	cm²	cm	cm²	cm²	cm
12 x 2	123	202	228		108	182	216		123	202	233		108	182	220		0.0288	0.0480	0.346	0.000800	0.00800	0.0577
15 x 2	148	240	261		128	212	247		148	240	267		128	212	252		0.0563	0.0750	0.433	0.00100	0.0100	0.0577
15 x 3	187	316	381		162	282	361		187	316	387		162	282	365		0.0844	0.113	0.433	0.00338	0.0225	0.0866
20 x 2	189	302	313		162	264	298		189	302	321		162	266	303		0.133	0.133	0.577	0.00133	0.0133	0.0577
20 x 3	237	394	454		204	348	431		237	394	463		204	348	437		0.200	0.200	0.577	0.00450	0.0300	0.0866
20 x 5	319	560	728		274	500	690		320	562	729		274	502	687		0.333	0.333	0.577	0.02080	0.0833	0.1440
20 x 10	497	924	1320		427	825	1180		499	932	1300		428	832	1210		0.667	0.667	0.577	0.16700	0.3330	0.2890
25 x 3	287	470	525		245	412	498		287	470	536		245	414	506		0.391	0.313	0.722	0.00563	0.0375	0.0866
25 x 5	384	662	869		327	586	795		384	664	841		327	590	794		0.651	0.521	0.722	0.02600	0.1040	0.1440
30 x 3	337	544	593		285	476	564		337	546	608		286	478	575		0.675	0.450	0.866	0.00675	0.0450	0.0866
30 x 5	447	760	944		379	672	896		448	766	950		380	676	897		1.130	0.750	0.866	0.03130	0.1250	0.1440
30 x 10	676	1200	1670		573	1060	1480		683	1230	1630		579	1080	1520		2.250	1.500	0.866	0.25000	0.5000	0.2890
40 x 3	435	692	725		366	600	690		436	696	748		367	604	708		1.60	0.800	1.15	0.00900	0.0600	0.0866
40 x 5	573	952	1140		482	836	1090		576	966	1160		484	848	1100		2.67	1.330	1.15	0.04170	0.1670	0.1440
40 x 10	850	1470	2000	2580	715	1290	1770	2280	865	1530	2000		728	1350	1880		5.32	2.670	1.15	0.33300	0.6670	0.2890
50 x 5	607	1140	1330	2010	583	994	1260	1920	703	1170	1370		588	1020	1300		5.21	2.08	1.44	0.0521	0.208	0.144
50 x 10	1020	1720	2320	2950	852	1510	2040	2600	1050	1830	2360		875	1610	2220		10.40	4.17	1.44	0.4170	0.833	0.289
60 x 5	826	1330	1510	2310	688	1150	1440	2210	836	1370	1580	2060	696	1190	1500	1970	9.00	3.00	1.73	0.0625	0.250	0.144
60 x 10	1180	1960	2610	3290	985	1720	2300	2900	1230	2130	2720	3580	1020	1870	2570	3390	18.00	6.00	1.73	0.5000	1.000	0.289
80 x 5	1070	1680	1830	2830	885	1450	1750	2720	1090	1770	1990	2570	902	1530	1890	2460	21.30	5.33	2.31	0.0833	0.333	0.144
80 x 10	1500	2410	3170	3930	1240	2110	2790	3450	1590	2730	3420	4490	1310	2380	3240	4280	42.70	10.70	2.31	0.6670	1.330	0.289
100 x 5	1300	2010	2150	3300	1080	1730	2050	3190	1340	2160	2380	3080	1110	1810	2270	2960	41.70	8.33	2.89	0.1040	0.417	0.144
100 x 10	1810	2850	3720	4530	1490	2480	3260	3980	1940	3310	4100	5310	1600	2890	3900	5150	83.30	16.70	2.89	0.8330	1.670	0.289
120 x 10	2110	3280	4270	5130	1740	2860	3740	4500	2300	3900	4780	6260	1890	3390	4560	6010	144.00	24.00	3.46	1.0000	2.000	
160 x 10	2700	4130	5360	6320	2220	3590	4680	5530	3010	5080	6130	8010	2470	4400	5860	7110	341.00	42.70	4.62	1.3300	2.670	0.2890
200 x 10	3290	4970	6430	7490	2690	4310	5610	6540	3720	6220	7460	9730	3040	5390	7150	9390	667.00	66.70	5.77	1.6700	3.330	

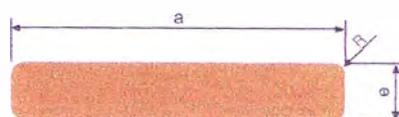
En el caso de varias barras en paralelo, la distancia entre las barras se toma igual al espesor. Para corriente alterna la distancia neta entre las fases se toma > 0,8 la distancia entre ejes de fases.

* Distancia mínima.

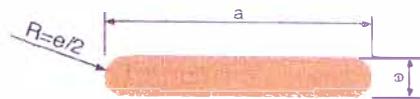
DETALLE DE ARISTA



Arista viva



Arista redondeada



Canto semicircular



TABLA DE PESOS TEÓRICOS

ANCHO PESOR	10	12	15	20	25	30	35	40	45	50	60	70	80	100	120	125	150	200	250
2	0,18	0,22	0,27	0,36	0,45	0,54	0,63	0,72	0,81	0,90	1,08	1,25	-	-	-	-	-	-	-
3	0,27	0,32	0,40	0,54	0,67	0,81	0,94	1,08	1,21	1,34	1,61	1,88	2,15	2,69	-	-	-	-	-
4	0,36	0,43	0,54	0,72	0,90	1,08	1,25	1,43	1,61	1,79	2,15	2,51	2,87	3,58	4,30	-	-	-	-
5	0,45	0,54	0,67	0,90	1,12	1,34	1,57	1,79	2,02	2,24	2,69	3,14	3,58	4,48	5,38	5,60	6,72	8,96	-
6	-	0,65	0,81	1,08	1,34	1,61	1,88	2,15	2,42	2,69	3,23	3,76	4,30	5,38	6,45	6,72	8,06	10,75	-
7	-	-	0,94	1,25	1,57	1,88	2,20	2,51	2,82	3,14	3,76	4,39	5,02	6,27	7,53	7,84	9,41	12,54	-
8	-	-	1,08	1,43	1,79	2,15	2,51	2,87	3,23	3,58	4,30	5,02	5,73	7,17	8,60	8,96	10,75	14,34	-
10	-	-	1,34	1,79	2,24	2,69	3,14	3,58	4,03	4,48	5,38	6,27	7,17	8,96	10,75	11,20	13,44	17,92	22,40
12	-	-	-	-	2,69	3,23	3,76	4,30	4,84	5,38	6,45	7,53	8,60	10,75	12,90	13,40	16,13	21,50	26,90
15	-	-	-	-	3,37	4,03	4,70	5,38	6,05	6,72	8,06	9,41	10,75	13,44	16,13	-	20,16	26,88	33,60
20	-	-	-	-	4,48	5,38	6,27	7,17	8,06	8,96	10,75	12,54	14,34	17,92	21,50	-	26,88	35,87	44,80
25	-	-	-	-	-	6,72	7,84	8,96	10,08	11,20	13,44	15,68	17,92	22,40	26,88	-	33,60	44,80	-
30	-	-	-	-	-	-	9,41	10,75	12,09	13,44	16,13	18,82	21,50	26,88	32,26	-	40,32	53,76	-
35	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18,82	21,95	25,09	31,36	37,63	-	47,04	62,72	-
40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	21,50	25,09	28,67	35,84	43,01	-	53,76	71,68	-
50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	35,84	44,80	53,76	-	67,20	89,60	-
60	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	62,72	75,26	-	94,08	125,40	-
70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	62,72	75,26	-	94,08	125,40

FORMULA:

Ancho x espesor x 8'96) / 1000 = Kg/metro.

Sede Central

C/ Bizkargi, 6 - Pol. Ind. Sarrikola
E-48195 Carrabetsu (Bizkaia)
Tel: +34 944 731 500 - Fax: +34 944 117 387
E-mail: info@ibronmetal.com

Delegación Barcelona

C/ Marconi, 13 - Pol. Ind. Sesrovires
E-08635 Sant Estève Sesrovires (Barcelona)
Tel: +34 937 715 307 - Fax: +34 937 713 818
E-mail: ymateos@ibronmetal.com

Delegación Madrid

C/ Nobel, 2-4 - Pol. Ind. San Marcos
E-28906 Getafe (Madrid)
Tel: +34 916 652 597 - Fax: +34 916 652 608
E-mail: gsansegundo@ibronmetal.com

Delegación Valencia

C/ Mont Cabrer, 22 - Pol. Ind. Aldaya
E-46960 Aldaya (Valencia)
Tel: +34 961 517 297 - Fax: +34 961 517 384
E-mail: adelpozo@ibronmetal.com

FOR USE - ANSI STANDARD BIL - 110/150 kV
 EQUIV. ANTERIOR - NORMA ANSI NBR - 110/150 kV

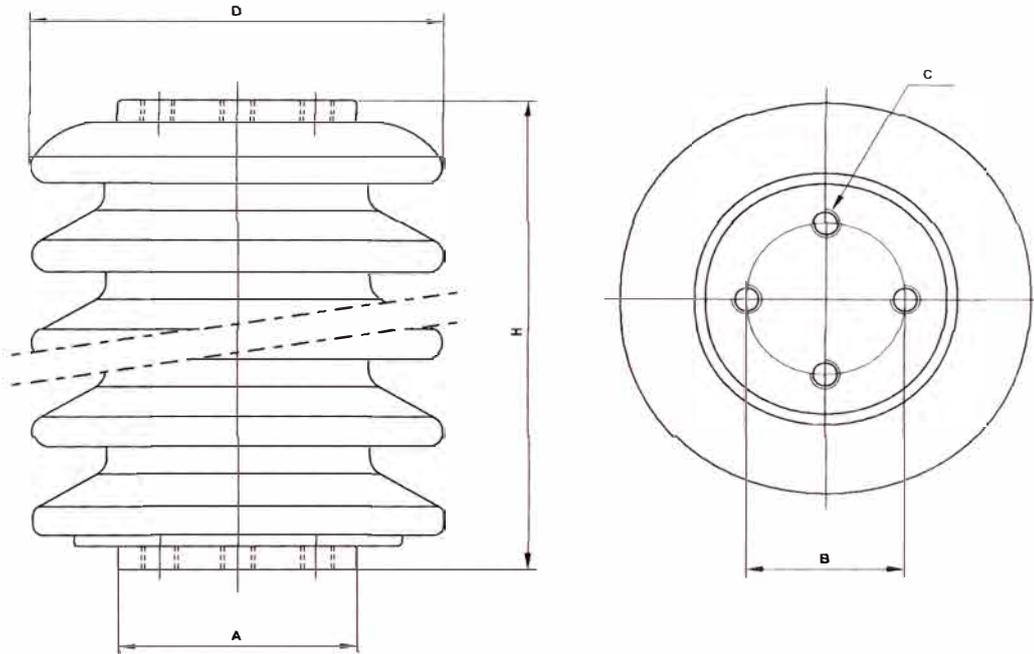


Fig. 1

IDENTIFICATION		IDENTIFICACIÓN		Un.	
Catalog Reference		Referencia de catálogo		10201	10203
				Fig.1	Fig.1
NBR Class		Clasificación NBR		***	***
ANSI C29.10 Class		Clasificación ANSI C29.10		***	***
ELECTRICAL CHARACTERISTICS		CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS			
Voltage Tensión	Rating	Nominal del sistema		kV	15 24.2/36.2
	Lightning impulse withstand dry	Resistida de imp. atm. en seco		kV	110 150
	Low-frequency withstand dry	Resistida frec. ind. en seco		kV	50 70
MECHANICAL CHARACTERISTICS		CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS			
Strength Carga	Cantilever Strength	Carga de rotura a la flexión		daN	450 450
	Compression Strength	Carga de rotura a la compresión		daN	9100 9100
	Tensile Strength	Carga de rotura a la tracción		daN	1340 1340
	Torsional Strength	Carga de rotura a la torsión		daN.m	40 40
DIMENSIONAL CHARACTERISTICS		CARACTERÍSTICAS DIMENSIONALES			
Dimension Dimensiu	Leakage (creepage) distance	Linea de fuga		mm	300 410
	Total Height	H	Altura total	H	mm 150 210
	Diameter	D	Diámetro nominal	D	mm 130 130
	Base/Top. Cap. Diameter	A	Diám. del herr. de base/sup.	A	mm 76 76
	Bolt Circle Diameter	B	Diám. del círculo de bulones	B	mm 50 50
Lead Rosca	4 ISO Ct. Holes Dia. -Base/Top	E	Diám. 4 tal. exct. ISO base/sup.	E	mm M10 M10
NUMBER OF PETTICOATS		NÚMERO DE CAMPANAS		5	7
PACKING CHARACTERISTICS		CARACTERÍSTICAS DEL EMBALAJE			
Weight Peso	Net weight per unit	Peso neto por pieza		kg	4.30 5.50
	Gross weight per package	Peso bruto por embalaje		kg	29.00 37.00
Vol. Vol.	Volume per package	Volumen por embalaje		m ³	0.029 0.034
Quant. Cant.	Units per package	Piezas (unidades) por embalaje		un.	6 6