

Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica



Proyecto de las Instalaciones Electricas de la
Chancadora Primaria de Minerales del Tajo
MC - Cune Cerro de Pasco Centromin Perú

T E S I S

Para Optar el Título Profesional de

INGENIERO ELECTRICISTA

HENRY LANFRANCO MARCELO

Promoción 1979:2

Lima - Perú

1984

III

<u>INDICE GENERAL</u>		Pag.
-	Introducción	6
I	Justificación del proyecto.	8
1.1	Objetivo	8
1.2	Condiciones de servicio	9
1.3	Alcances del proyecto	9
1.4	Normas y reglas	10
1.5	Documentación técnica	10
II	Estudio de cargas.	12
2.1	Generalidades	12
2.2	Máxima demanda y potencia instalada de la Planta de relleno hidráulico	13
2.3	Potencia instalada de la futura planta de lixiviación de plata	15
2.4	Máxima demanda y potencia instalada de la Chancadora primaria de minerales del tajo	16
III	Cálculos.	18
3.1	Cálculo de acometidas eléctricas: S.E. Winze 98, S.E. chancadora primaria del tajo, planta de relleno hidráulico, plan ta de lixiviación de plata, centro de control de motores	18
3.2	Estudio de cortocircuito del sistema de potencia en condiciones críticas para el cálculo de todos los elementos de maniobra	22
3.3	Cálculo del sistema de puesta a tierra	39
3.4	Cálculo de la acometida de la S.E. chan- cadora primaria del tajo	52

IV

3.5 - Cálculo de la S.E. chancadora primaria del tajo	64
3.5.1 - Cálculo de las barras de A.T. y B.T.	64
3.5.2 - Cálculo de los aisladores portabarras de A.T. y B.T.	79
3.5.3 - Cálculo del seccionador del lado A.T.	81
3.5.4 - Cálculo de los breakers del lado B.T.	82
3.5.5 - Cálculo de las celdas de A.T. y B.T.	84
3.5.6 - Cálculo de los instrumentos de medición y servicios auxiliares	85
3.5.7 - Cálculo del sistema de ventilación	85
3.6 - Cálculo del arrancador del motor de la chancadora primaria de minerales	93
3.7 - Cálculo de los arrancadores de estado sólido para los motores eléctricos de las fajas transportadoras de minerales	98
3.8 - Cálculo del sistema motriz de la planta de chancado y centro de control de motores eléctricos	99
3.9 - Diseño del sistema de automatización y control del proceso de chancado primario de minerales	109
3.10 - Estudio de la grúa puente de la chancadora	115
3.11 - Cálculo de iluminación y tomacorrientes de la planta	126
3.12 - Selección de pararrayos	140
IV - Especificaciones técnicas.	143
4.1 - Especificaciones técnicas del alimentador de la S.E. chancadora primaria del tajo	143
4.1.1 - Especificaciones técnicas del interruptor de potencia	143

V

4.1.2 - Especificaciones técnicas del cable de alta tensión	164
4.2 - Especificaciones técnicas de la S.E. chancadora primaria del tajo	165
4.2.1 - Especificaciones técnicas de los equipos de A.T. y B.T.	165
4.2.2 - Especificaciones técnicas de los instrumentos de medición y servicios auxiliares	186
4.3 - Especificaciones técnicas de los cables eléctricos de B.T.	188
4.4 - Especificaciones técnicas del centro de control de motores	190
4.5 - Especificaciones técnicas de la grúa puente	196
4.6 - Especificaciones técnicas de los arrancadores electrónicos de tensión reducida	197
4.7 - Especificaciones técnicas del arrancador eléctrico del motor de rotor bobinado	200
4.8 - Especificaciones técnicas del sistema de puesta a tierra	205
4.9 - Especificaciones técnicas de los pararrayos	207
4.10 - Especificaciones técnicas del sistema de iluminación	210
4.11 - Protocolo de pruebas y puesta en servicio	215
V - Medrado y presupuesto.	217
- Conclusiones y recomendaciones	232
- Anexos, bibliografía, láminas del proyecto	235

INTRODUCCION

El hecho de que nuestro país sea un lugar privilegiado en cuanto a sus posibilidades mineras y que disponga de un enorme potencial de riquezas aún no debidamente explotadas, tenemos el reto de mejorar las técnicas y métodos minero - metalúrgicos de extracción y procesamiento para la obtención de gran variedad de metales.

Por encargo del departamento de minas de la Empresa Minera del Centro del Perú S.A., se nos encomendó el proyecto de las instalaciones eléctricas de la nueva chancadora primaria de minerales del tajo Mc - Cune, en Cerro de Pasco.

Debemos manifestar que la producción de minerales del campamento Cerro de Pasco es de 186,000 toneladas cortas secas al mes, con los aportes de 111,600 TCS/mes provenientes del tajo Mc-Cune y 74,400 TCS/mes de la mina sub - suelo.

Los metales principales de estos dos frentes de producción son zinc, plomo y plata y las leyes en cada uno de estos frentes son:

En el tajo Mc - Cune, por tonelada de mineral se obtiene:

7.5 % Zinc

3 % Plomo

3 Onzas de plata

En la mina sub - suelo se obtiene:

7 - 8.1 % Zinc

3 - 3.2 % Plomo

2 Onzas de plata

El desarrollo del proyecto se ha dividido en cinco partes, a saber:

1) Se enfocan los objetivos fundamentales que condujeron a preparar este proyecto.

2) Se hace un estudio detallado de todas las cargas eléctricas necesarias para la nueva chancadora primaria, así como también las cargas eléctricas futuras a tomarse de la sub-estación diseñada especialmente para este proyecto.

3) Se efectúan todos los cálculos eléctricos necesarios para el dimensionamiento correcto de todos los equipos a instalarse.

4) Se presenta una descripción técnica detallada de todos los materiales y equipos.

5) Se presenta el enfoque económico para la instalación de todos los componentes eléctricos de la planta.

Finalmente se hacen algunas recomendaciones técnicas para enfrentar dificultades que puedan presentarse en instalaciones industriales de este tipo.

I

JUSTIFICACION DEL PROYECTO

1.1 - Objetivo

La nueva chancadora primaria de minerales se encuentra en el tajo McCune, situado en el departamento de Cerro de Pasco, a 132 Km. de La Oroya.

Las razones por las cuales se decidió hacer este proyecto son las siguientes:

- La zona en la que está situada la antigua chancadora es muy rica en minerales y se encuentra ubicada precisamente al pie del tajo McCune, siendo un obstáculo para el programa de operaciones de tajeo.
- En los meses de setiembre a mayo se producen lluvias intensas en la región, creando problemas en la clasificación del mineral en la zaranda y, por tal motivo, la misma debe ser modificada.
- Constantemente se produce resbalamiento de la faja transportadora por problemas mecánicos. En cambio, en la nueva chancadora, esta faja puede arrancar con carga sin problemas en el accionamiento.
- Con la nueva chancadora se disminuirá la distancia entre la pala del tajo de mineral y la tolva primaria de almacenamiento, y esto ayudará a optimizar las operaciones de transporte de los camiones Lectra - Heaul.

1.2 - Condiciones de servicio.

La zona se encuentra ubicada a 4,500 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.). Existen los problemas de alta concentración de polvos de minerales y sustancias ácidas provenientes de las minas; además, es un ambiente climático altamente lluvioso y con tormentas eléctricas.

Por estos motivos, todos los materiales y equipos deben ser diseñados para estas condiciones rudas de trabajo y garantizar los rendimientos y/o eficiencias solicitados.

1.3 - Alcances del proyecto.

El proyecto de las instalaciones eléctricas de la chancadora primaria de minerales comprende los siguientes sistemas:

- a) Acometidas eléctricas
- b) Estudio de cortocircuito
- c) Sistema de puesta a tierra
- d) Sub-estación chancadora primaria del tajo
- e) Arrancador eléctrico de la chancadora primaria
- f) Arrancadores eléctricos de las fajas transportadoras de minerales
- g) Sistema motriz de la planta de chancado y centro de control de motores eléctricos.
- h) Sistema de automatización y control del proceso de chancado primario de minerales.

- i) Estudio de la grúa puente de la chancadora
- j) Sistema de iluminación y tomacorrientes de la planta

1.4 - Normas y reglas

Las especificaciones técnicas señalan en forma directa o implícita las normas generales para los materiales y equipos a instalarse, respecto a su fabricación y garantías técnicas requeridas.

Además de las normas señaladas y de las disposiciones del Código Eléctrico del Perú y del Reglamento Nacional de Construcciones, se aceptarán otras normas internacionales o diseños típicos equivalentes, siempre y cuando no signifiquen una reducción de la calidad, seguridad y garantía de durabilidad de los materiales y/o equipos suministrados.

En este último caso, el postor indicará claramente en su oferta, las normas o diseños del producto ofrecido como alternativa, de manera que Centromín - Perú pueda realizar una adecuada comparación.

Los postores deberán tener experiencia comprobada en el diseño, fabricación y/o montaje en los diversos tipos de equipos que se ofertan.

1.5 - Documentación técnica

Los postores devolverán debidamente cumplimentadas las hojas de especificaciones técnicas y acompañarán los folletos descriptivos, esquemas, pesos y dimensiones generales, instrucciones de servicio y mantenimiento, así como cualquier otra información que se considere necesaria para la identificación y operación del material y/o equipo.

Después de otorgada la buena - pro a un postor, éste estará obligado a proporcionar dibujos, esquemas, descripciones, detalles, así como folletos de instrucciones que indiquen los procedimientos de instalación y mantenimiento del equipo suministrado, incluyendo lista de re-puestos completa.

II

ESTUDIO DE CARGAS

2.1 - Generalidades.

Aclaremos primeramente que todas las cargas que tiene la chancadora son cargas fijas y no pueden ser cambiadas en el futuro por las siguientes razones:

- a) La capacidad de trituración de la chancadora primaria de minerales es de 600 toneladas/hora, y ha sido seleccionada de acuerdo con la capacidad de procesamiento de la concentradora Paragsha.
- b) El ancho de la faja no necesita ampliarse ya que la capacidad de la chancadora siempre es la misma. Por otra parte, no sería factible ampliar la longitud de la faja transportadora, porque ello traería como consecuencia el tener que desplazar todo el edificio de la planta de trituración.

Lo más conveniente en caso de incrementarse la capacidad de trituración de chancado primario de minerales, sería el proyecto de una nueva planta de chancado y, por consiguiente, una expansión de la concentradora Paragsha, por las razones expuestas en a).

La carga de iluminación interior es de 15 w/m^2 (equipos fluorescentes), ya que el tipo de trabajo que se efectúa es rudo y no requiere un gran nivel de iluminación.

La iluminación exterior estimada es de 400 W cada 30 mts. a lo largo

del exterior de la planta chancadora.

Los factores más usados en la determinación de las cargas son los siguientes:

- Factor de demanda (f_d)

Es la relación de la máxima demanda del sistema con la carga conectada del mismo.

La máxima demanda es la integrada en KW en un período de 15 a 30 minutos, en lugar de una demanda pico instantánea.

$$f_d = \frac{MD}{PI}$$

Factor de diversidad (f_s)

Es la relación de la suma de las máximas demandas individuales de varias partes del sistema con la máxima demanda del total del sistema.

$$f_s = \frac{\sum MD_i}{MD_T}$$

2.2 - Máxima demanda y potencia instalada de la planta de relleno hidráulico.

Hacemos la aclaración que esta planta es completamente ajena a las operaciones de la planta de chancado en cuestión, pero para efectos de estudio de cargas de la S.E. chancadora vamos a cuantificar su potencia instalada y su máxima demanda.

A continuación mostramos la tabla 1 con todas las potencias de los motores eléctricos:

TABLA No. 1

CARGAS ELECTRICAS DE LA PLANTA DE RELLENO HIDRAULICO

Accionamiento eléctrico	Potencia
Motor agitador No. 1	15 HP.
Motor agitador No. 2	15 HP.
Motor del gusano de cemento del silo chico de 50 toneladas mezcla (1/30)	7.5 HP.
Motor de faja de cemento	0.5 HP.
Motor del feeder de cemento	0.5 HP.
2 motores de control de nivel del tanque nivelador de cemento (1/4 HP. c/u)	0.5 HP.
2 silos de cemento grandes de 200 ton. c/u (mezcla 1/6) compuestos por:	
- 2 motores vibradores del silo de cemento (3/4 HP. c/u)	3 HP.
- 2 motores para control de nivel de cemento (1/4 HP. c/u)	1 HP.
2 sistemas de recolectores de polvo de cemento (Bag-House), compuestos por:	
- 2 motores vibradores del Bag-House (1.2HP. c/u).	4.8 HP.
- 1 motor soplador de cemento (3 HP. c/u)	6 HP.
Iluminación y control planta de relleno	12 KW.
Reserva para el futuro (25 %)	16.29 KVA.

Por lo tanto haciendo la sumatoria total, tenemos que la potencia total instalada, considerando la reserva, es de 81.45 KVA.

El factor de demanda de esta planta es de 0.79, ya que se han hecho mediciones de la corriente para la máxima demanda, resultando 84 AMP. y por consiguiente la máxima demanda es:

$$MD = f_d \times PI$$

$$MD = 0.79 \times 81.45$$

$$MD = 64.35 \text{ KVA.}$$

Pot. instalada (KVA)	Factor de demanda	Máxima demanda (KVA)
81.45	0.79	64.35

2.3 - Potencia instalada de la futura planta de lixiviación de plata.

Debido a que esta planta será montada en el futuro, de acuerdo con los datos proporcionados por el departamento de ingeniería de minas, tenemos:

Potencia instalada : 213.14 KVA.

Factor de demanda 0.8

Por consiguiente, la máxima demanda es:

$$MD = f_d \times PI$$

$$MD = 0.8 \times 213.14$$

$$MD = 170.51 \text{ KVA.}$$

Pot. instalada (KVA)	Factor de demanda	Máxima Demanda (KVA)
213.14	0.8	170.51

2.4 - Máxima demanda y potencia instalada de la chancadora primaria de minerales del tajo.

A continuación mostramos la tabla 2 con todas las potencias de los motores eléctricos:

TABLA No. 2

CARGAS ELECTRICAS DE LA PLANTA DE CHANCADO

Accionamiento eléctrico	Potencia
Motor chancadora primaria	200 HP.
Motor faja de 36" No. 1	125 HP.
Motor faja de 36" No. 2	125 HP.
Motor de faja chica	50 HP.
Motor de la zaranda	20 HP.
Motor del feeder	15 HP.
Motor de la tornamesa	5 HP.
Motor de la bomba de lubricación No. 1	0.25 HP.
Motor de la bomba de lubricación No. 2	0.25 HP.

(CONT.)

Grúa puente compuesta por:	
- Motor de traslación de la grúa	5 HP.
- Motor de izaje de carga	25 HP.
- Motor del cross	2 HP.
Iluminación y control	25 KVA.
Máquina de soldar	30 KVA.
Reserva para el futuro (25 %)	141.08 KVA.

Por lo tanto la potencia total instalada, considerando la reserva, es de 705.41 KVA.

Cabe hacer notar que para la determinación del factor de demanda se han hecho mediciones de los parámetros de corriente y potencia máxima de otras plantas de chancado primario que disponemos en la empresa, tales como las que se encuentran en Cobriza, Casapalca, Morococha, etc., resultando un factor promedio de 0.8.

Por lo tanto, la máxima demanda será:

$$MD = f_d \times PI$$

$$MD = 0.8 \times 705.41$$

$$MD = 564.33 \text{ KVA.}$$

Pot. instalada (KVA)	Factor de demanda	Máxima demanda (KVA)
705.41	0.8	564.33

III

CALCULOS

3.1 - Cálculo de acometidas eléctricas: S.E. WINZE 98, S.E. Chancadora primaria del tajo, Planta de relleno hidráulico, Planta de lixiviación de plata y Centro de control de motores.

Consideraciones generales:

- Para determinar las secciones o calibres de las acometidas aplicamos la siguiente fórmula:

$$I_n = \frac{MD}{\sqrt{3} V}$$

en la que:

I_n es la corriente nominal, A.

MD es la máxima demanda de la instalación, KVA.

V es la tensión de línea de la acometida, KV.

Una vez calculado lo anterior, determinamos la corriente de diseño de la siguiente manera:

$$I_d = 1.25 I_n$$

En base a esto determinamos la sección del conductor para la temperatura de 40°C, ya que la temperatura ambiente es de 10°C y la temperatura producida al paso de la corriente eléctrica es $\Delta T = 30^\circ C$.

En la tabla 3 mostramos los resultados de los cálculos de las secciones de acometidas eléctricas.

- Para determinar la caída de tensión de las acometidas eléctricas, aplicamos la siguiente fórmula:

$$\Delta V = \frac{\sqrt{3} I_n \rho_{Cu} L}{S} \left(\cos \phi + \frac{x}{r} \sin \phi \right)$$

en la que:

I_n es la corriente nominal calculada, A.

ρ_{Cu} es la resistividad del cobre a 40°C = $0.018558 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$

L es la longitud del alimentador, m.

S es la sección del conductor, mm^2

x es la reactancia unitaria, Ω / m

r es la resistencia unitaria, Ω / m

Una vez determinada la caída de tensión en voltios, calculamos la misma en porcentaje de la siguiente forma:

$$\Delta v = 100 \cdot \frac{\Delta V}{V} \text{ en } \%$$

Esta caída de tensión no debe superar el 3 %, de acuerdo con lo especificado en las normas del C.E.P. .

En la tabla 4 mostramos los resultados de los cálculos de caída de tensión de las acometidas eléctricas.

TABLA No. 3

CALCULO DE LAS SECCIONES DE LAS ACOMETIDAS ELECTRICAS

Instalación	Máxima demanda, MD, (KVA)	Corriente nominal, I_n , (A)	Sección y tipo (AWG o mm^2)	Longitud
S.E. WINZE 98	1200	54.99	4/0 AWG desnudo $107.2 mm^2$	200
S.E. chancadora primaria del tajo	800	192.46	250 MCM, N2YSY, 3 x $120 mm^2$	250
Planta de relleno hidráulico	64.35	84.44	2 AWG, NYY 3 x $35 mm^2$	110
Planta de lixivia- ción de plata	170.51	223.74	250 MCM, NYY 3 x $120 mm^2$	-
Centro de control de motores	169.23	222.06	250 MCM, NYY 3 x $120 mm^2$	11

TABLE 4

3.2 - Estudio de cortocircuito del sistema de potencia en condiciones críticas para el cálculo de todos los elementos de maniobra.

En las redes con punto neutro aislado, la intensidad máxima de cortocircuito se presenta siempre con el defecto tripolar, y éste es nuestro caso.

Para hacer los cálculos de cortocircuito, primeramente necesitamos conocer los parámetros de la línea eléctrica como: resistencias y reactivancias, en valores por unidad (p.u.).

a) Línea de acometida aérea.

La longitud de la línea es de 200 mts.

El cable es de cobre desnudo, calibre 4/0 AWG, 19 hilos, de temple duro.

Resistencia:

De acuerdo con el catálogo "INDECO" tenemos:

$$r_{20^{\circ}\text{C}} = 0.147 \text{ OHM/KM} \cdot$$

luego, para los 200 mts. será:

$$R_{20^{\circ}\text{C}} = (0.147 \text{ OHM/KM}) \times (0.2 \text{ KM})$$

$$R_{20^{\circ}\text{C}} = 0.02940 \text{ OHM.}$$

Llevando a las peores condiciones de 75°C , aplicamos la fórmula de variación de resistencias por temperaturas.

$$R_{75^{\circ}\text{C}} = R_{20^{\circ}\text{C}} \left[1 + \alpha_{\text{Cu}} (T_{75^{\circ}\text{C}} - T_{20^{\circ}\text{C}}) \right] \quad \text{---(1)}$$

$$\alpha_{Cu} = 0.00382 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}, \text{ para cable de temple duro.}$$

$$R_{75^\circ\text{C}} = 0.02940 \left[1 + 0.00382 (75 - 20) \right]$$

$$R_{75^\circ\text{C}} = 0.03558 \text{ OHM.}$$

Calcularemos esta resistencia en "por unidad" :

$$R_{p.u.} = R_{75^\circ\text{C}} \times \frac{N_B}{V_{B_1}^2} \quad \text{siendo}$$

N_B la potencia de base = 100 MVA.

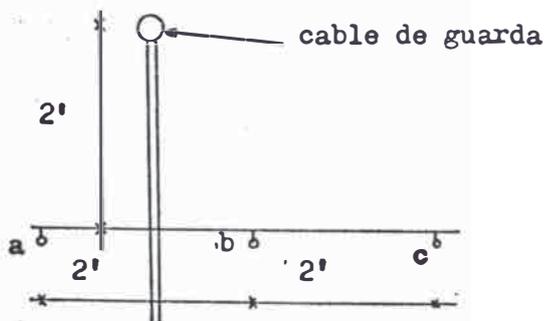
V_{B_1} la tensión de base 1.

$$R_{p.u.} = 0.03558 \times \frac{100}{12.6^2}$$

$$R_{p.u.} = 0.02241 \text{ p.u.}$$

Reactancia inductiva:

La disposición de los conductores es de la siguiente forma:



Determinamos la inductancia de la línea de acuerdo con esta disposición y aplicamos la conocida fórmula para un circuito 3 ϕ .

$$l = 2 \times 10^{-4} \ln \frac{D_{eq}}{D_s} ; \text{ en Henrios/Km.} \quad (2)$$

siendo:

D_{eq} la distancia equivalente

D_s el radio medio geométrico

Para lo cual hallamos sus valores así:

$$D_{eq} = \sqrt[3]{D_{ab} \times D_{bc} \times D_{ca}}$$

Reemplazando los datos conocidos:

$$D_{eq} = \sqrt[3]{2 \times 2 \times 4}$$

$$D_{eq} = 2.51984 \text{ pies}$$

Luego, de acuerdo con la tabla A.1 para conductor de cobre estirado en frío de 97.3 % de conductividad, del libro de William D. Stevenson, el radio medio geométrico a 60 HZ. es:

$$D_s = 0.01688 \text{ pies}$$

Reemplazando estos dos últimos valores en la fórmula (2) tenemos:

$$l = 2 \times 10^{-4} \times \ln \frac{2.51984}{0.01688}$$

$$l = 0.001 \text{ Henrios/Km.}$$

La inductancia total es:

$$L = l \times \text{longitud} \quad (\text{Henrios})$$

$$L = (0.001 \text{ Henrios/Km}) \times (0.2 \text{ Km.})$$

$$L = 0.0002 \text{ Henrios}$$

Luego, la reactancia por fase es:

$$X_L = 2\pi f L \text{ en (OHM/fase)}$$

$$X_L = 2\pi \times 60 \times 0.0002$$

$$X_L = 0.07539 \text{ OHM.}$$

La reactancia en "por unidad" es:

$$X_{p.u.} = X_L \frac{N_B}{V_{B_2}^2}$$

Reemplazando el último valor encontrado y con los valores bases iguales ya conocidos, tenemos:

$$X_{p.u.} = 0.07539 \times \frac{100}{12.6^2}$$

$$X_{p.u.} = 0.04749 \text{ p.u.}$$

Por lo tanto, la impedancia unitaria es:

$$Z_{p.u.} = (0.02241 + 0.04749) \text{ p.u.}$$

b) Banco de transformadores monofásicos con potencia total de 3 x 500 KVA.

Siendo la potencia de cortocircuito del transformador de 500 KVA., de 4.8%, aplicamos la fórmula:

$$X_{p.u.} = X_T \frac{N_B}{N_T}$$

Reemplazando valores:

$$X_{p.u.} = 0.048 \times \frac{100}{1.5}$$

$$X_{p.u.} = 3.2 \text{ p.u.}$$

c) Línea de acometida subterránea.

El tipo de cable es N2YSY, 5 KV., con una sección de $3 \times 120 \text{ mm}^2$ ó 250 MCM., de 37 hilos.

Resistencia:

Para calcularla empleamos la conocida fórmula:

$$R = \frac{\rho \times L}{S}$$

siendo

$$\rho_{Cu} \text{ la resistividad del cobre} = 0.017241 \frac{\text{OHM} \cdot \text{mm}^2}{\text{m}} (20^\circ\text{C})$$

L la longitud del cable = 250 mts.

S la sección real del cable = 126.7 mm^2

Luego tenemos:

$$R_{20^\circ\text{C}} = \frac{0.017241 \times 250}{126.7}$$

$$R_{20^\circ\text{C}} = 0.03402 \text{ OHM}$$

Llevando a las condiciones de 75°C , aplicamos el mismo procedimiento antes hecho con la fórmula (1).

$$R_{75^{\circ}\text{C}} = R_{20^{\circ}\text{C}} \left[1 + \alpha_{\text{Cu}} (T_{75^{\circ}\text{C}} - T_{20^{\circ}\text{C}}) \right]$$

$$R_{75^{\circ}\text{C}} = 0.03402 \left[1 + 0.00382 (75 - 20) \right]$$

$$R_{75^{\circ}\text{C}} = 0.04117 \text{ OHM.}$$

Calculamos esta resistencia en "por unidad"

$$R_{\text{p.u.}} = R_{75^{\circ}\text{C}} \times \frac{N_B}{V_{B_2}^2}$$

N_B es la potencia de base = 100 MVA.

V_{B_2} es la tensión de base 2 = 2.4 KV.

$$R_{\text{p.u.}} = 0.04117 \times \frac{100}{2.4^2}$$

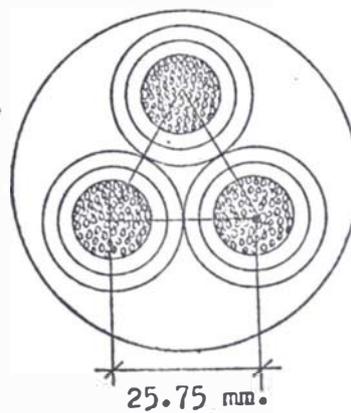
$$R_{\text{p.u.}} = 0.71476 \text{ p.u.}$$

Reactancia:

Para calcular la inductancia aplicaremos la fórmula (2)

$$l = 2 \times 10^{-4} \ln \frac{D_{\text{eq}}}{D_s}$$

Para conocer el D_{eq} debemos conocer la geometría y disposición del cable tripolar, la cual es:



El diámetro exterior de cada fase, con su respectivo aislamiento es de 25.75 mm., por lo que:

$$\begin{aligned} D_{eq} &= \sqrt[3]{D_{12} D_{23} D_{31}} \\ D_{eq} &= \sqrt[3]{25.75 \times 25.75 \times 25.75} \\ D_{eq} &= 25.75 \text{ mm.} \end{aligned}$$

Para conocer el radio medio geométrico de un cable de 37 hilos, no debe hacerse ningún cálculo, ya que $D_g = r$, siendo el radio del cable, el que es de 7.31 mm.

Reemplazando todo esto en la fórmula (2)

$$l = 2 \times 10^{-4} \ln \frac{25.75}{7.31}$$

$$l = 0.000252 \text{ henrios/Km.}$$

Luego, la inductancia total es:

$$L = (0.000252 \text{ Henrios/Km.}) \times (0.25 \text{ Km})$$

$$L = 0.000063 \text{ Henrios.}$$

Por lo tanto, podemos determinar la reactancia del cable de la siguiente forma:

$$X = 2 \pi f L \quad (\text{ohmios})$$

$$X = 2 \pi \times 60 \times 0.000063$$

$$X = 0.02375 \text{ ohmios; llevando a "por unidad":}$$

$$X_{p.u.} = X \frac{N_B}{V_{B_2}^2}$$

Reemplazando los valores ya conocidos:

$$X_{p.u.} = 0.02375 \times \frac{100}{2.4^2}$$

$$X_{p.u.} = 0.41233 \text{ p.u.}$$

Por lo tanto la impedancia del cable en p.u. es:

$$Z_{p.u.} = (0.71476 + j 0.41233) \text{ p.u.}$$

d) Transformador de potencia de 1000 KVA.

La potencia de cortocircuito del transformador es 7 %

Aplicamos nuevamente la fórmula:

$$X_{p.u.} = X_T \frac{N_B}{N_T}$$

$$X_{p.u.} = 0.07 \times \frac{100}{1}$$

$$X_{p.u.} = 7 \text{ p.u.}$$

e) Cálculo del Thevenin equivalente.

La potencia de cortocircuito para el año 1990 es de 223 MVA , valor éste adecuado para el cálculo de los equipos de maniobra, con capacidad de carga para ampliaciones futuras.

N_{cc} es la potencia de cortocircuito = 223 MVA.

N_B es la potencia de base = 100 MVA.

V_B es la tensión de base del
Thevenin = 12.6 KV.

V_{th} es la tensión del circuito
Thevenin = 12.6 KV.

Calcularemos los valores de potencia y tensión en valores p.u., con lo cual se consigue:

$N_{th.p.u.}$: potencia de cortocircuito Thevenin en "por unidad"

$V_{th.p.u.}$: tensión del circuito Thevenin en "por unidad"

Se calcula de la siguiente forma:

$$N_{th.p.u.} = \frac{N_{cc}}{N_B}$$

$$N_{th.p.u.} = \frac{223}{100}$$

$$N_{th.p.u.} = 2.23 \text{ p.u.}; \text{ luego}$$

$$V_{th.p.u.} = \frac{V_{th.}}{V_B}$$

$$V_{th.p.u.} = \frac{12.6}{12.6}$$

$$V_{th.p.u.} = 1 \text{ p.u.}$$

Conocidos estos valores, pasaremos a calcular la impedancia del circuito Thevenin en "por unidad", con la siguiente fórmula:

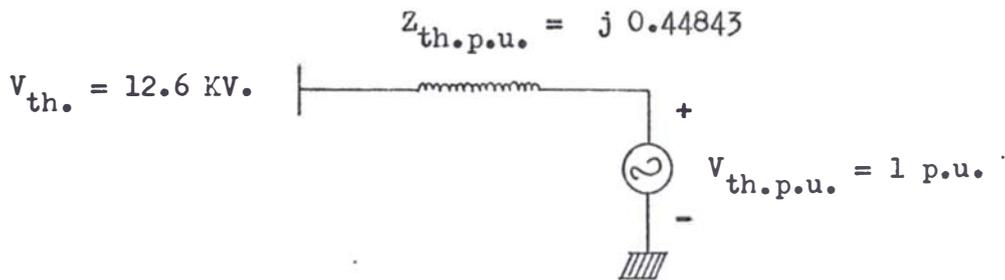
$$Z_{th.p.u.} = \frac{V_{th.p.u.}^2}{N_{th.p.u.}} \quad \text{--- (3)}$$

Reemplazando valores:

$$Z_{th.p.u.} = \frac{1^2}{2.23}$$

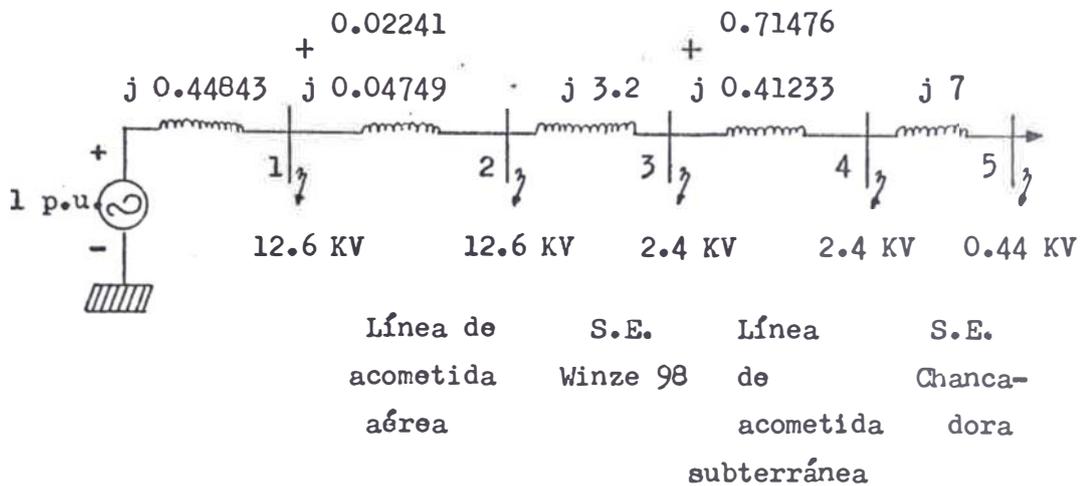
$$Z_{th.p.u.} = 0.44843 \text{ p.u.}$$

Por lo tanto la configuración Thevenin equivalente es de la siguiente forma:



Ahora estamos en condiciones de formar toda la configuración para calcular todas las potencias de cortocircuito, corrientes de cortocircuito en las diferentes barras de energía.

Por lo tanto, el circuito total en valores "por unidad", es:



Para calcular la potencia de cortocircuito en "por unidad", empleamos la fórmula (4.).

$$N_{cc.p.u.} = \frac{V_{p.u.}^2}{Z_{p.u.}} \quad \text{--- (4)}$$

Una vez conocida esta potencia de cortocircuito en "por unidad", podemos hallar la corriente de cortocircuito en "por unidad", de la siguiente manera:

$$N_{cc.p.u.} = \sqrt{3} V_{cc.p.u.} \cdot I_{cc.p.u.}$$

Por lo tanto:

$$I_{cc.p.u.} = \frac{N_{cc.p.u.}}{\sqrt{3} V_{cc.p.u.}}$$

Luego determinamos la potencia de cortocircuito y corriente de cortocircuito en sus valores reales, aplicando lo siguiente:

$$N_{cc.p.u.} = \frac{N_{cc.}}{N_B}$$

Por lo tanto:

$$N_{cc.} = N_{cc.p.u.} \cdot N_B$$

$$N_{cc.} = \sqrt{3} V_{cc.} \cdot I_{cc.}$$

$$I_{cc.} = \frac{N_{cc.}}{\sqrt{3} V_{cc.}}$$

Aplicando los dos últimos procedimientos para cada una de las barras en estudio, tendremos:

Barra 1

Aplicando la fórmula (4).

$$N_{cc.p.u.1} = \frac{v_{cc.p.u.1}^2}{z_{p.u.1}}$$

$$N_{cc.p.u.1} = \frac{1^2}{0.44843}$$

$$N_{cc.p.u.1} = 2.23 \text{ p.u.}$$

Por lo tanto:

$$N_{cc1} = N_{cc.p.u.1} \cdot N_B$$

$$N_{cc1} = 2.23 \times 100$$

$$N_{cc1} = 223 \text{ MVA.}$$

Además tenemos que:

$$N_{cc1} = \sqrt{3} v_1 \cdot I_{cc1}$$

Por lo tanto:

$$I_{cc1} = \frac{N_{cc1}}{\sqrt{3} v_1}$$

$$I_{cc1} = \frac{223}{\sqrt{3} \times 12.6}$$

— (KA)

$$I_{cc_1} = 10.22 \text{ KA.}$$

Barra 2

Aplicando la fórmula (4)

$$N_{cc.p.u.2} = \frac{V_{cc.p.u.2}^2}{Z_{p.u.2}}$$

$$N_{cc.p.u.2} = \frac{1^2}{0.49643}$$

$$N_{cc.p.u.2} = 2.01438 \text{ p.u.}$$

Por lo tanto:

$$N_{cc_2} = N_{cc.p.u.2} \cdot N_B$$

$$N_{cc_2} = 2.01438 \times 100$$

$$N_{cc_2} = 201.438 \text{ MVA.}$$

Además tenemos que:

$$N_{cc_2} = \sqrt{3} V_2 \cdot I_{cc_2}$$

Por lo tanto:

$$I_{cc_2} = \frac{N_{cc_2}}{\sqrt{3} V_2}$$

$$I_{cc_2} = \frac{201.438}{\sqrt{3} \times 12.6}$$

—(KA)

$$I_{cc_2} = 9.23 \text{ KA.}$$

Parra 3

Aplicando la fórmula (4).

$$N_{cc.p.u.3} = \frac{V_{cc.p.u.3}^2}{Z_{p.u.3}}$$

$$N_{cc.p.u.3} = \frac{1^2}{3.69599}$$

$$N_{cc.p.u.3} = 0.27056 \text{ p.u.}$$

Por lo tanto:

$$N_{cc_3} = N_{cc.p.u.3} \cdot N_B$$

$$N_{cc_3} = 0.27056 \times 100$$

$$N_{cc_3} = 27.056 \text{ MVA}$$

Además tenemos que:

$$N_{cc_3} = \sqrt{3} V_3 \cdot I_{cc_3}$$

Por lo tanto:

$$I_{cc_3} = \frac{N_{cc_3}}{\sqrt{3} V_3} \quad \text{--- (KA)}$$

$$I_{cc_3} = \frac{27.056}{\sqrt{3} \times 2.4}$$

$$I_{cc_3} = 6.51 \text{ KA.}$$

Barra 4

Aplicando la fórmula (4).

$$N_{cc.p.u.4} = \frac{V_{cc.p.u.4}^2}{Z_{p.u.4}}$$

$$N_{cc.p.u.4} = \frac{1^2}{4.17386}$$

$$N_{cc.p.u.4} = 0.23959 \text{ p.u.}$$

Por lo tanto:

$$N_{cc_4} = N_{cc.p.u.4} \cdot N_B$$

$$N_{cc_4} = 0.23959 \times 100$$

$$N_{cc_4} = 23.959 \text{ MVA.}$$

Además tenemos que:

$$N_{cc_4} = \sqrt{3} V_4 \cdot I_{cc_4}$$

Por lo tanto:

$$I_{cc_4} = \frac{N_{cc_4}}{\sqrt{3} V_4}$$

$$I_{cc_4} = \frac{23.959}{\sqrt{3} \times 2.4}$$

— (KA)

$$I_{cc4} = 5.764 \text{ KA.}$$

Barra 5

Aplicando la fórmula (4).

$$N_{cc.p.u.5} = \frac{V_{cc.p.u.5}^2}{Z_{p.u.5}}$$

$$N_{cc.p.u.5} = \frac{1^2}{11.19815}$$

$$N_{cc.p.u.5} = 0.0893 \text{ p.u.}$$

Por lo tanto:

$$N_{cc5} = N_{cc.p.u.5} \cdot N_B$$

$$N_{cc5} = 0.0893 \times 100$$

$$N_{cc5} = 8.93 \text{ MVA.}$$

Además tenemos que:

$$N_{cc5} = \sqrt{3} V_5 \cdot I_{cc5}$$

Por lo tanto:

$$I_{cc5} = \frac{N_{cc5}}{\sqrt{3} V_5} \quad \text{--- (KA)}$$

$$I_{cc5} = \frac{8.93}{\sqrt{3} \times 0.44}$$

$$I_{cc5} = 11.72 \text{ KA.}$$

Para los cálculos empleamos las impedancias totales hasta sus respectivas barras, en la siguiente forma:

$Z_1 = 0.00000 + j 0.44843 = 0.44843$	90°
$Z_2 = 0.02241 + j 0.49592 = 0.49643$	$87^\circ 24' 45.4''$
$Z_3 = 0.02241 + j 3.69592 = 3.69599$	$89^\circ 39' 9.34''$
$Z_4 = 0.73717 + j 4.10825 = 4.17386$	$79^\circ 49' 38.2''$
$Z_5 = 0.73717 + j 11.17386 = 11.19815$	$86^\circ 13' 31.8''$

A continuación, presentamos un cuadro de todos los parámetros eléctricos del sistema de potencia, calculados de acuerdo con el procedimiento antes descrito:

Barra	Impedancia (p.u.)	Argumento	Tensión (KV)	Potencia de cortocir- cuito (MVA)	Corriente de cortocir- cuito (KA)
1	0.44843	90°	12.6	223	10.22
2	0.49643	$87^\circ 24' 45.4''$	12.6	201.438	9.23
3	3.69599	$89^\circ 39' 9.34''$	2.4	27.056	6.51
4	4.17386	$79^\circ 49' 38.2''$	2.4	23.959	5.764
5	11.19815	$86^\circ 13' 31.8''$	0.44	8.93	11.72

3.3 - Cálculo del sistema de puesta a tierra.

- Definiciones generales

a) Malla de tierra

Una malla de tierra es un sistema de electrodos de tierra formado por conductores desnudos, interconectados y enterrados, de modo de proporcionar una puesta a tierra común a los equipos y estructuras metálicas de una instalación. Puede estar conectada a electrodos de tierra auxiliares para disminuir su resistencia de tierra.

b) Tierra remota o de referencia

Es un punto o área de la tierra distante, tal que la resistencia mutua con el electrodo, malla o sistema en consideración sea cero. A la tierra remota se le asigna el potencial cero.

c) Resistencia mutua

La resistencia mutua entre un electrodo (o un punto de un electrodo) y un punto del terreno (o un punto sobre otro electrodo), es igual al cambio de voltaje producido en el segundo, debido a la circulación de una corriente de 1 amperio en el primero; la resistencia mutua se expresa en ohmios.

d) Gradiente de potencial

Gradiente de potencial es la pendiente del gráfico de perfil de potencial, cuya trayectoria intersecta en ángulo recto las líneas equipotenciales.

e) Puesta a tierra de operación o servicio

Es una puesta a tierra intencional y permanente de un "punto activo" de un circuito, equipo o instalación.

f) Puesta a tierra de protección

Es una puesta a tierra permanente de las "partes expuestas" de una instalación o equipo con el objeto de prevenir posibles contactos peligrosos en caso de fallas en la instalación.

g) Resistividad o resistencia específica

Es la resistencia en c.c. entre las caras paralelas opuestas de una porción de material de longitud unitaria y sección unitaria uniforme.

En general, en la medición de resistividad de suelos se utiliza C.A. o C.C., conmutada de baja frecuencia para evitar problemas de polarización que aparecen con C.C. de voltaje bajo. La medición con C.A. de hasta unos 200 HZ. no produce errores importantes por efectos capacitivos o inductivos.

La unidad de resistividad comúnmente usada es en OHM-M.

- Consideraciones generales

En subestaciones o instalaciones eléctricas de nivel de tensión considerable no es rara la presencia de corrientes de falla de decenas de kiloamperes, por lo cual debemos tener el máximo cuidado en el diseño del sistema de puesta a tierra.

El sistema de puesta a tierra no sólo debe proveer un punto para poner a tierra los diferentes elementos asociados al sistema, sino que también deben cumplir los requerimientos adicionales:

a) La resistencia de la malla de tierra a una "tierra remota", debe ser lo suficientemente baja como para asegurar el funcionamiento perfecto de los relés, cuando se presenta una falla a tierra en el sistema o a lo largo de las líneas de transmisión conectadas a ésta.

b) La gradiente de potencial dentro y cerca de la subestación deberá ser tal que, ante la ocurrencia de una falla a tierra, tanto la "tensión de paso" como la "tensión de toque", se limiten a valores seguros.

c) El sistema de puesta a tierra de la subestación debe ser aislado de las tuberías de agua y servicios en general, que pudieran entrar a la subestación o instalación, de tal manera que cualquier elevación de potencial de la tierra de la subestación, no sea transferida al exterior.

d) El sistema de puesta a tierra debe ser diseñado de tal forma que las partes no conductoras de los equipos eléctricos (por ejemplo: armaduras y cubiertas de los cables de baja tensión y de control), no sean sometidos a fuertes corrientes de falla.

e) El sistema de puesta a tierra debería ser capaz de transportar la máxima corriente de falla a tierra, sin que se produzca sobrecalentamiento, daño mecánico o un excesivo secado del suelo alrededor de los conductores o electrodos enterrados.

f) En el caso de neutros del sistema de distribución de baja tensión, los electrodos del sistema de puesta a tierra, deben estar distribuidos a través de la red para evitar elevaciones peligrosas del voltaje del neutro en el caso de apertura del conductor del neutro.

Por ello los objetivos de poner a tierra una subestación son los siguientes:

- Asegurar que el sistema de puesta a tierra sea adecuado para las "tierras remotas".
- Asegurarse de que una malla de puesta a tierra de características adecuadas, se instale en toda la subestación y la planta, de tal manera que las tensiones producidas en la malla de la subestación, debido al flujo de la corriente de falla, no produzca diferencias de potencial que violen las condiciones b) y d) indicadas anteriormente.
- Resistividad del terreno

Antes de comenzar cualquier cálculo sobre la puesta a tierra de la subestación, es esencial conocer la resistividad del terreno donde se ha ubicado la subestación e instalación. Este es un tema muy difícil, ya que el terreno no es homogéneo y los valores de resistividad pueden variar grandemente.

En la figura 1 se puede apreciar la variación de la resistividad del terreno en función de la humedad, temperatura y contenido de sal adicionada. Asimismo, la resistividad varía para distintos tipos de terreno.

Nota: Se aclara que para efectos de cálculo de la malla de tierra, se ha supuesto rectangular la planta trituradora y fajas transportadoras. Para el montaje se procederá de acuerdo con el plano IE - 2 y esta configuración no cambiará el valor de la resistencia calculada.

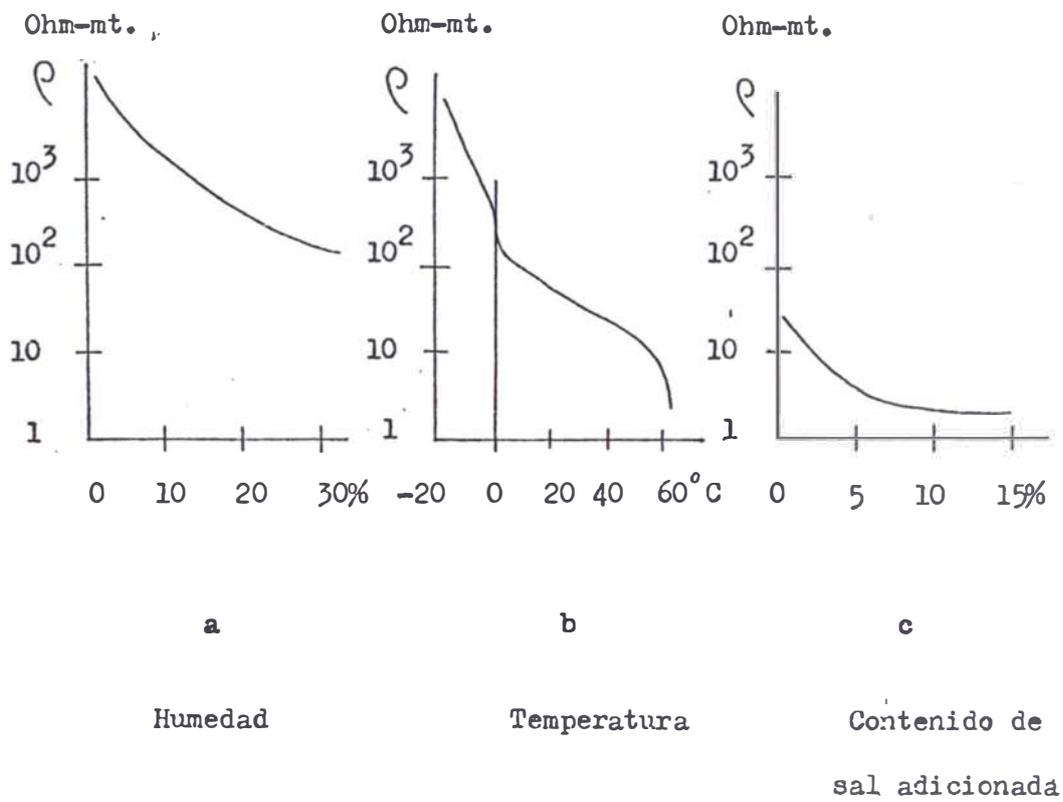


Figura Nro. 1

- Cálculo de la malla de tierra.

Para el cálculo de mallas de tierra compuestas de reticulados y barras emplearemos el método de Schwarz.

Mediante este método se determinan separadamente las resistencias de tierra del reticulado y del conjunto de barras.

Para el reticulado:

$$R_1 = \frac{\rho}{L \pi} \left[\ln \frac{2L}{\sqrt{hd}} + \frac{K_1 L}{\sqrt{S}} - K_2 \right] \quad \text{---}(\Omega)$$

Para el conjunto de barras:

$$R_2 = \frac{\rho}{2 \pi N l} \left[\ln \frac{4l}{a} - 1 + \frac{2 K_1 l}{\sqrt{S}} (\sqrt{N} - 1)^2 \right] \quad \text{---}(\Omega)$$

en la que:

ρ es la resistividad del terreno homogéneo ($\Omega \cdot m$)

L es la longitud total de conductor del reticulado (m)

d es el diámetro del conductor del reticulado (m)

h es la profundidad de enterramiento del reticulado (m)

S es la superficie cubierta por la malla (m^2)

N es el número de barras.

l es la longitud de cada barra (m)

a es el radio de la barra (m)

K_1 y K_2 son los coeficientes que dependen de la configuración de la malla.

Los valores K_1 y K_2 se han obtenido en forma experimental en modelos y existen gráficos para su determinación.

A continuación presentamos las fórmulas para mallas rectangulares como lo son en nuestro caso.

$$K_1 = 1.43 - \frac{2.3 h}{\sqrt{s}} - 0.044 \frac{A}{B}$$
$$K_2 = 5.50 - \frac{8h}{\sqrt{s}} + \left(0.15 - \frac{h}{\sqrt{s}}\right) \frac{A}{B}$$

En las que A es el lado mayor de la malla y B el lado menor.

Una vez determinados los valores de R_1 y R_2 , el paso siguiente es calcular la resistencia mutua entre el reticulado y el conjunto de barras, de la siguiente manera:

$$R_{12} = R_1 - \frac{\rho}{\pi L} \left(\ln \frac{1}{\sqrt{hd}} - 1 \right)$$

La resistencia combinada del reticulado y barras vale:

$$R = \frac{R_1 \cdot R_2 - R_{12}^2}{R_1 + R_2 - 2 R_{12}}$$

a) Cálculo de la resistencia a tierra de la planta trituradora y fajas transportadoras.

Tenemos los siguientes datos:

$$\rho = 500 \Omega \cdot m$$

$$L = 457.6 m$$

$$d = 13.4 \text{ mm (cable 4/0 AWG desnudo)}$$

$$h = 0.60 m$$

$$S = 3087.36 m^2$$

$$N = 14 \text{ barras}$$

$$l = 2.44 m$$

$$a = 9525 \text{ mm}$$

$$A = 214.4 m$$

$$B = 14.4 m$$

Determinamos K_1 y K_2 :

$$K_1 = 1.43 - \frac{2.3 \times 0.60}{\sqrt{3087.36}} - 0.044 \times \frac{214.4}{14.4}$$

$$K_1 = 1.43 - 0.0248 - 0.655$$

$$K_1 = 0.75$$

$$K_2 = 5.5 - \frac{8 \times 0.60}{\sqrt{3087.36}} + \left(0.15 - \frac{0.60}{\sqrt{3087.36}} \right) \frac{214.4}{14.4}$$

$$K_2 = 5.5 - 0.0864 + 2.073$$

$$K_2 = 7.49$$

Cálculo del reticulado:

$$R_1 = \frac{500}{\pi \times 457.6} \left[\ln \frac{2 \times 457.6}{\sqrt{0.6 \times 0.0134}} + \frac{0.75 \times 457.6}{\sqrt{3087.36}} - 7.49 \right]$$

$$R_1 = \frac{500}{\pi \times 457.6} [9.23 + 6.177 - 7.49]$$

$$R_1 = 2.75 \Omega$$

Cálculo de las barras:

$$R_2 = \frac{500}{2 \pi \times 14 \times 2.44} \left[\ln \frac{4 \times 2.44}{0.009525} - 1 + \frac{2 \times 0.75 \times 2.44}{\sqrt{3087.36}} (\sqrt{14} - 1)^2 \right]$$

$$R_2 = \frac{500}{2 \pi \times 14 \times 2.44} [6.932 - 1 + 0.495]$$

$$R_2 = 14.97 \Omega$$

Cálculo de la resistencia mutua entre reticulado y barras:

$$R_{12} = 2.75 - \frac{500}{\pi \times 457.6} \left[\ln \frac{2.44}{\sqrt{0.6 \times 0.0134}} - 1 \right]$$

$$R_{12} = 2.75 - 0.80$$

$$R_{12} = 1.95 \Omega$$

Cálculo de la resistencia combinada del reticulado y barras:

$$R = \frac{2.75 \times 14.97 - 1.95^2}{2.75 + 14.97 - 2 \times 1.95}$$

$$R = 2.70 \Omega$$

b) Cálculo de la resistencia a tierra de la subestación chancadora primaria del tajo.

Tenemos los siguientes datos:

$$\rho = 500 \Omega \cdot \text{m}$$

$$L = 31 \text{ m}$$

$$d = 13.4 \text{ mm (cable 4/0 AWG desnudo)}$$

$$h = 0.60 \text{ m}$$

$$S = 55 \text{ m}^2$$

$$N = 2 \text{ barras}$$

$$l = 2.44 \text{ m}$$

$$a = 9525 \text{ mm}$$

$$A = 10 \text{ m}$$

$$B = 5.5 \text{ m}$$

Determinamos K_1 y K_2 :

$$K_1 = 1.43 - \frac{2.3 \times 0.60}{\sqrt{55}} - 0.044 \times \frac{10}{5.5}$$

$$K_1 = 1.43 - 0.186 - 0.08$$

$$K_1 = 1.16$$

$$K_2 = 5.5 - \frac{8 \times 0.60}{\sqrt{55}} + \left(0.15 - \frac{0.60}{\sqrt{55}}\right) \frac{10}{5.5}$$

$$K_2 = 5.5 - 0.647 + 0.126$$

$$K_2 = 4.98$$

Cálculo del reticulado:

$$R_1 = \frac{500}{\pi \times 31} \left[\ln \frac{2 \times 31}{\sqrt{0.6 \times 0.0134}} + \frac{1.16 \times 31}{\sqrt{55}} - 4.98 \right]$$

$$R_1 = \frac{500}{\pi \times 31} [6.539 + 4.849 - 4.98]$$

$$R_1 = 32.89 \Omega$$

Cálculo de las barras:

$$R_2 = \frac{500}{2\pi \times 2 \times 2.44} \left[\ln \frac{4 \times 2.44}{0.009525} - 1 + \frac{2 \times 1.16 \times 2.44}{\sqrt{55}} (\sqrt{2}-1)^2 \right]$$

$$R_2 = \frac{500}{2\pi \times 2 \times 2.44} [6.93 - 1 + 0.13]$$

$$R_2 = 98.82 \Omega$$

Cálculo de la resistencia mutua entre reticulado y barras:

$$R_{12} = 32.89 - \frac{500}{\pi \times 31} \left[\ln \frac{2.44}{\sqrt{0.6 \times 0.0134}} - 1 \right]$$

$$R_{12} = 32.89 - \frac{500}{\pi \times 31} [3.3 - 1]$$

$$R_{12} = 21.08 \Omega$$

Cálculo de la resistencia combinada del reticulado y barras.

$$R = \frac{32.89 \times 98.82 - 21.08^2}{32.89 + 98.82 - 2 \times 21.08}$$

$$R = 31.33 \Omega$$

c) Cálculo de la resistencia total de las dos mallas interconectadas.

Sabiendo que:

$$r_{11} = R_1 = 2.70 \Omega ; \quad r_{22} = R_2 = 31.33 \Omega$$

la distancia entre centros de malla es de 98 m.

Por lo tanto, la resistencia mutua $r_{12} = r_{21}$ se obtiene de la siguiente manera:

$$r_{12} = \frac{\rho}{2\pi s}$$

$$r_{12} = \frac{500}{2\pi \times 98}$$

$$r_{12} = 0.81 \Omega$$

Por lo tanto, la resistencia total es:

$$R_t = \frac{r_{11} r_{22} - r_{12}^2}{r_{11} + r_{22} - 2 r_{12}}$$

Reemplazando valores:

$$R_t = \frac{2.70 \times 31.33 - 0.81^2}{2.70 + 31.33 - 2 \times 0.81}$$

$$R_t = 2.59 \Omega$$

Valor éste correcto, ya que en instalaciones industriales se toma como resistencia máxima de puesta a tierra 5Ω .

En el plano IE - 2: "Instalaciones eléctricas de puesta a tierra de la chancadora primaria", se muestra toda la configuración de la ma- lla y electrodos de puesta a tierra.

Asimismo, se hace notar que hay una interconexión eléctrica de tierra entre la sub-estación chancadora y la planta trituradora de minerales.

Todas las partes metálicas, tales como carcasa de los motores eléctricos, tableros eléctricos, estructuras metálicas y demás partes expuestas a tensión, deben ser soldadas al sistema de puesta a tierra.

3.4 - Cálculo de acometida de la subestación chancadora primaria del tajo.

- Generalidades

En el capítulo III, inciso 1, se calculó el alimentador de la S.E. chancadora primaria del tajo, la misma que fue de $3 \times 120 \text{ mm}^2$ ó 250 MCM., del tipo N2YSY, 5 KV.

Este alimentador se eligió del tipo subterráneo ya que brindaba mayor facilidad de trabajo mediante excavaciones en el terreno y sobre todo, porque resulta más económico.

En cambio, el hacer una línea aérea sería antieconómico, debido a que habría que tender estructuras metálicas tipo poste y de gran altura, y varias unidades de ellas, por la forma irregular del terreno, y el tránsito de vehículos de gran tamaño que llevan concentrado de minerales provenientes del tajo abierto. Estos vehículos son los Lectra - Haul que tienen una capacidad de carga de 120 toneladas.

También se tomó en cuenta que ya hay demasiadas líneas eléctricas, como de teléfonos, instaladas en la ruta hacia el tajo, por lo cual se decidió no colocar ninguna línea aérea más en el sector.

De acuerdo con estudios realizados en el sistema de potencia, se decidió tomar la energía eléctrica de la subestación Winze 98, con una capacidad instalada de 1500 KVA y una relación de transformación de 12.6 / 2.4 KV., y además cuenta con una línea libre para instalarse un interruptor de potencia con una potencia de ruptura mínima de 27 MVA. en 2.4 KV, y una corriente de cortocircuito simétrica a la tensión nominal de 6.51 KA.

- Interruptor de potencia

De acuerdo con las necesidades de potencia, tensión, corriente e instalación, decidimos instalar un interruptor "T" de Siemens, que es un interruptor de potencia en pequeño volumen reducido de aceite, tripolar, para instalación en media tensión e interior. Por su poco peso y reducidas dimensiones es adecuado para nuestro caso, ya que disponemos de poco espacio.

Dado que la S.E. Winze 98 tiene seccionador, no es necesario montarse este interruptor "T" sobre carro desenchufable.

Este interruptor es capaz de dominar todos los procesos y formas de conexión que se puedan presentar en la red. El principio empleado de extinción mantiene la misma potencia durante toda su gama de actuación.

Soportan intensidades nominales de hasta 4,000 A. sin necesidad de brazos o contactos en paralelo.

Escogemos el interruptor del tipo E, con energía de accionamiento eléctrico.

Algunas de estas conexiones o maniobras exigen características especiales en la construcción de interruptores, por lo que se han desarrollado accionamientos adecuados a esas maniobras.

Estos accionamientos se identifican en cada interruptor por una segunda letra, con el siguiente significado:

N: Accionamiento normal; no requieren características especiales en los tiempos de conexión.

U: Accionamiento para sincronización o conmutación, (tiempo de conexión

≤ 90 ms.).

K: Accionamiento para reenganche • conmutación.

Para nuestro caso el interruptor se presta para maniobra del transformador de 1000 KVA, mediante su sistema de extinción. El interruptor "T" evita la formación de sobretensiones peligrosas como las que pueden presentarse al desconectar bajo pequeñas intensidades inductivas antes de su paso natural por cero.

Debemos ahora determinar el relé de sobreintensidad directa • disparador primario.

Antes debemos indicar que el interruptor con accionamiento de acumulación de energía con intensidades de hasta 630 A., puede contar con 2 ó 3 disparadores primarios montados. La intensidad nominal de servicio atraviesa directamente el disparador. En el caso de sobrecarga o cortocircuito dispara el interruptor "T" por medios mecánicos a través de un disparador secundario por corriente de transformador o corriente de trabajo.

Después de la conexión, la palanca de disparo vuelve a su posición de reposo; el relé está nuevamente dispuesto para funcionar.

El campo de regulación de la intensidad de disparo es de 1.2 a 2 veces la intensidad nominal, la cual puede llegar hasta los 600 A. en algunos tipos.

Para lo cual presentamos un cuadro de selección de relés de sobreintensidad directa.

INTENSIDADES NOMINALES DE RELÉS PRIMARIOS Y

GAMA DE AJUSTE

Intensidad A	Escala de ajuste A	Intensidad A	Escala de ajuste A
10	12 - 20	100	120 - 200
20	24 - 40	120	144 - 240
25	30 - 50	150	180 - 300
40	48 - 80	200	240 - 400
50	60 - 100	250	300 - 500
60	72 - 120	300	360 - 600
80	96 - 160	400	480 - 800
		600	720 - 1200

De acuerdo con la corriente nominal de la S.E. chancadora primaria del tajo es: $I_n = 240.57$ A., por lo cual nos decidimos por un relé primario con una escala de ajuste de : 240 - 400 A.

- Curvas características de las potencias de ruptura

Las siguientes curvas características muestran para los diversos tipos de interruptor "T", la dependencia de la potencia de corte simétrica con la tensión de servicio, ordenadas según esta última. La tensión superior está identificada como U_{ne} y la inferior como U_{nu} (ver figura 2).

De acuerdo con la figura 2 decidimos el interruptor de tensión nominal 6 KV., ya que la tensión solicitada por la S.E. es de 2.4 KV.; la potencia de corte simétrica del interruptor usado es de 70 MVA. a la tensión de 2.4 KV., mientras la potencia de corte simétrica que se produce en la barra 3 es de 27 MVA., por lo tanto este interruptor satisface las condiciones de tensión y potencia de ruptura o corte simétrica.

- Intensidad máxima de corta duración

Las tablas de "programa de fabricación" y "datos técnicos" de las páginas 59 y 60 dan los valores efectivos de las intensidades de cortocircuito térmicas según VDE, IEC y ANSI que puede soportar el interruptor "T" durante un segundo. Para valores entre 1 y 4 segundos hay que multiplicar estas intensidades por el valor obtenido de la curva de la figura 3.

Para nuestro interruptor de tipo 3AC - 10N/ 630 - 150/6 con intensidad térmica de 30 KA (1 seg.), asciende la intensidad máxima de corta duración admisible para 2 seg. a: $30 \text{ KA} \times 0.7 = 21 \text{ KA}$.

- Capacidad de carga y temperatura ambiente

En muchos casos, no es la intensidad nominal la que determina la capacidad de carga en servicio, sino la intensidad de cortocircuito, existiendo, según el caso, mayor o menor reserva térmica de calentamiento.

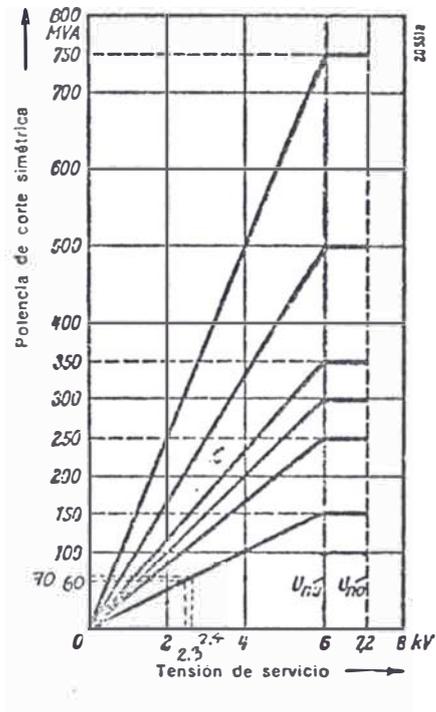
En la figura 4 se indican curvas de los valores límites de la intensidad de carga según la temperatura ambiente.

De acuerdo con el catálogo del fabricante para el interruptor con in intensidad nominal de 630 A., se recomienda el diagrama Nro. 2 de la figura indicada.

Nuestras necesidades eléctricas son las siguientes:

- Potencia de ruptura 27 MVA.
- Corriente de ruptura simétrica a la
tensión de 2.4 KV. 6.51 KA.
- Tensión nominal 2.4 KV.
- Corriente nominal 240.57 A.
- Tipo de accionamiento Eléctrico

De acuerdo con estas necesidades eléctricas y una revisión minuciosa del catálogo del fabricante, escogemos el interruptor en volumen reducido de aceite del tipo 3AC - ION / 630-150 / 6 - E K.



Tensión nominal 6KV
Potencias 150/250/300/350/500/750 MVA

Figura Nro. 2

TABLA Nro. 5 : DATOS TECNICOS

Normas	Tensión de servicio para 50/60 Hz		Nivel de aislamiento		Potencia de corte MVA	Intensidad nominal (<input type="checkbox"/>) Existente para esa intensidad					Energía de accionamiento H Manual E Eléctrico	Posibilidad de maniobra N Conexión normal U Conmutación rápida/sincroniz. K Reenganche + U
	Inferior	Superior	tensión de choque 1,2/50 μ s.	tensión de prueba frecuencia industrial		630 A	1250 A	1600 A	2500 A	4000 A		
	kV	kV	kV	kV		630 A	1250 A	1600 A	2500 A	4000 A	2 (Tipo 3AB)	4 (Tipo 3AC)
IEC, VDE (10N), UTE	6	7,2	75	35	150	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—	—	—	HN, HK, EK
					250	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—	—	—	HN, EU
					300	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—	—	—	HN, EU
					350	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—	HN, EU
					500	—	<input type="checkbox"/>	—	<input type="checkbox"/>	—	—	HN, EU
					750	—	<input type="checkbox"/>	—	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	EU
IEC, VDE (10N)	10	12	75	35	250	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—	—	—	HN, HK, EK
					350	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—	—	—	HN, HK, EU, EK
					500 1)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—	—	—	HN, EU
					500	—	—	—	<input type="checkbox"/>	—	—	HN, EU
					750	—	<input type="checkbox"/>	—	<input type="checkbox"/>	—	—	HN, EU
					1.000	—	<input type="checkbox"/>	—	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	EU
IEC, ANSI	13,8	15	95	36	250	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—	—	—	HN, HK, EK
					350	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—	—	—	HN, HK, EK
					500	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—	—	—	HN, EU
					500	—	—	—	<input type="checkbox"/>	—	—	HN, EU
					750	—	<input type="checkbox"/>	—	<input type="checkbox"/>	—	—	HN, EU
					1.000	—	<input type="checkbox"/>	—	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	EU
IEC, VDE (15N), UTE	15	17,5	95	45	250	<input type="checkbox"/>	—	—	—	—	—	HN, HK, EK
					350	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—	—	—	HN, HK, EK
					500	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—	—	—	HN, EU
IEC, VDE (20N), UTE	20	24	125	55	250	<input type="checkbox"/>	—	—	—	—	—	HN, HK, EK
					350	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—	—	—	—	HN, HK, EK
					500	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	—	—	—	HN, HK, EK
					1.000	—	<input type="checkbox"/>	—	<input type="checkbox"/>	—	—	EU
IEC, VDE (30N), UTE	30	36	170	75	500 2)	<input type="checkbox"/>	—	—	—	—	—	HN, EU
					750 2)	—	<input type="checkbox"/>	—	—	—	—	HN, EU
					1.000	—	<input type="checkbox"/>	—	<input type="checkbox"/>	—	—	HN, EU
					1.500 2)	—	<input type="checkbox"/>	—	<input type="checkbox"/>	—	—	EU

TABLA Nro. 6 :

DATOS TECNICOS

Magnitudes eléctricas				Intensidad nominal de conexión a la tensión nominal			Intensidad térmica (Is)	Interrupor 3AB/3AC
Intensidad nominal de ruptura simétrica a la tensión nominal		Intensidad nominal de ruptura asimétrica a la tensión nominal		Intensidad nominal de conexión a la tensión nominal		Intensidad térmica (Is)	Tipo	
Inferior	Superior	Inferior	Superior	Inferior	Superior	KA		
KA	KA	KA	KA	KA	KA	KA		
14,5	12	15,4	12,8	45	38	30	3AC—10N/...—150/6.	
24	20	25,5	21,2	75	62	30	3AC—10N/...—250/6.	
29	24	30,2	25	75	65	30	3AC—1CN/...—300/6.	
33,7	28,1	35,4	29,5	100	87	40	3AC—10N/...—350/6.	
48,2	40,2	48,2	40,2	125	105	50	3AB—1CN/...—500/6.	
72,2	60,2	72,2	60,2	181	151	73	3AB—10N/...—750/6EU	
14,5	12	15,4	12,8	45	38	30	3AC—10N/ 630—250/10.	
20,2	16,9	21,4	17,9	63	53	30	3AC—10N/ ... —350/10.	
25	24	30,7	25,5	75	63	30	3AC—10N/ ... —500/10.	
29	24	30,4	25,2	87	72	40	3AC—10N/2500—500/10.	
43,3	36,1	43,3	36,1	110	92	50	3AD—10N/ ... —750/10.	
57,8	48,1	57,8	48,1	145	121	60	3AB—1CN/ ... —1000/10EU	
10,5	9,7	11	10,2	27	24	30	3AC—ANSI/ 630—250/13.8.	
14,7	13,5	15,4	14,1	37	34	30	3AC—ANSI/ ... —350/13.8.	
20,9	19,3	21,8	20,1	53	49	30	3AC—ANSI/ ... —500/13.8.	
20,9	19,3	21,3	19,6	58	53	40	3AC—ANSI/2500—500/13.8.	
31,4	28,9	32,7	30,1	79	73	40	3AB—ANSI/ ... —750/13.8.	
41,9	38,5	41,9	38,5	105	97	50	3AB—ANSI/ ... —1000/13,8EU	
9,7	8,3	10,3	8,8	25	21	18	3AC—15N/630—250/15.	
13,5	11,6	14,3	12,3	34	30	26	3AC—15N/ ... —350/15.	
19,3	16,5	20,6	17,6	48	41	30	3AC—15N/ ... —500/15.	
7,3	6	7,8	6,4	19	15	14	3AC—20N/630—250/20.	
10,1	8,5	10,7	9	26	21	14	3AC—20N/ ... —350/20.	
14,5	12	15,4	12,8	37	30	26	3AC—20N/ ... —500/20.	
29	24	29	24	73	60	30	3AB—20N/ ... —1000/20.	
9,6	8	10,1	8,4	25	21	18	3AB—30N/ 630—500/30.	
14,5	12	15,2	12,6	37	30	26	3AB—30N/1250—750/30.	
19,3	16,1	20,3	16,9	49	41	26	3AB—30N/ ... —1000/30.	
29	24	29	24	73	60	30	3AB—30N/ ... —1500/30.	

Diagrama del factor K para
calcular intensidades máximas
de corta duración entre 1 y 4
Ejemplo: Para interruptor 3P
20N/630-500/20 con Intensidad
térmica de 26 KA (1 seg.)
determine la intensidad máxima
de corta duración admisible
para 2 seg. a $26 \text{ KA} \times 0,7 = 18,2$



Figura Nro. 3

TABLA Nro. 7

Tabla para determinar las curvas características de la intensidad de carga según temperatura ambiente

Normas	Tensión nominal		Nivel de aislamiento		Potencia nominal corte MVA	Curva característica para interruptor con intensidad nominal de:				
	Interior	Superior	Tensión de prueba al choque	Tensión de prueba frecuencia industrial		630 A	1250 A	1600 A	2500 A	4000 A
	kV	kV	kV	kV						
IEC, VDE (10N) UTE	6	7,2	75	35	150	2	3	4	—	—
					250	2	3	4	—	—
					300	2	3	4	—	—
					350	5	6	7	8	—
					500	—	6	—	8	—
					750	—	11	—	12	13
IEC, VDE (10N)	10	12	75	35	250	2	3	4	—	—
					350	2	3	4	—	—
					500	2	3	4	8	—
					750	—	6	—	8	—
					1000	—	11	—	12	13
IEC, ANSI	13,8	15	95	36	250	2	3	4	—	—
					350	2	3	4	—	—
					500	2	3	4	8	—
					750	—	6	—	8	—
					1000	—	11	—	12	13
IEC, VDE (15N) UTE	15	17,5	95	45	250	2	—	—	—	—
					350	2	3	4	—	—
					500	2	3	4	—	—
IEC, VDE (20N) UTE	20	24	125	55	250	2	—	—	—	—
					350	2	3	—	—	—
					500	2	3	4	—	—
					1000	—	11	—	12	—
IEC, VDE (30N) UTE	30	30	170	75	500	9	—	—	—	—
					750	—	10	—	—	—
					1000	—	10	—	12	—
					1500	—	11	—	12	—

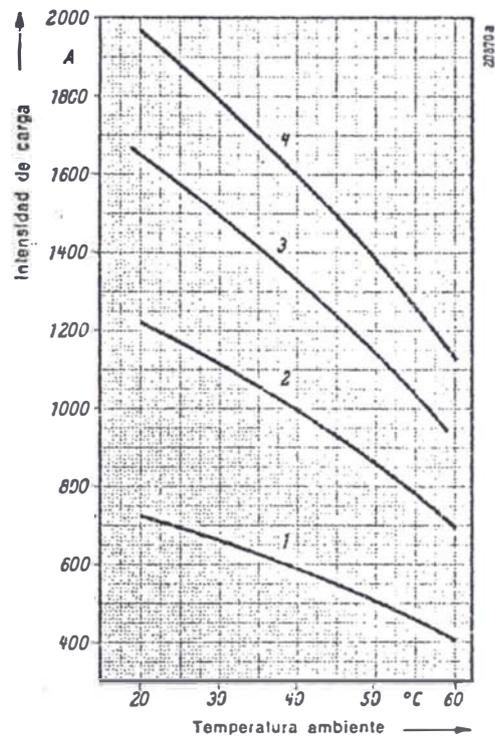


Diagrama 1 a 4 para capacidades de carga dependiendo de la temperatura ambiente

Figura Nro. 4

3.5 - Cálculo de la S.E. Chancadera primaria del tajo.

3.5.1 - Cálculo de las barras de A.T. y B.T.

- Barra de alta tensión

Datos:

- Potencia de cortocircuito	23.96 MVA
- Tensión nominal	2.4 KV
- Distancia entre apoyos	100 cm
- Distancia entre fases	30 cm
- Frecuencia	60 HZ
- Corriente nominal	240.57 A
- Tiempo de cortocircuito (1)	1 seg
- Temperatura de la barra	40° C

(1) Tiempo de cortocircuito es la suma de los tiempos de respuesta de los relés y del tiempo total de desconexión del interruptor.

Cálculos preliminares:

a) Determinación del tipo de barra.

Acudimos a las tablas de corrientes nominales y escogemos una varilla de cobre trolley redondo (que tiene una capacidad de corriente de 400 A.), de 11.689 mm ϕ .

b) Cálculo de la corriente de cortocircuito.

$$I_{cc} = \frac{N_{cc}}{\sqrt{3} V_n}$$

Reemplazando datos:

$$I_{cc} = \frac{23.96}{\sqrt{3} \times 2.4}$$

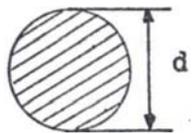
$$I_{cc} = 5.76 \text{ KA.}$$

Cálculo mecánico:

a) Cálculo del momento de inercia de la varilla circular.

Aplicamos la fórmula del momento de superficie axial (tabla 4.3 del Manual BBC).

$$J = \frac{\pi d^4}{64}$$



$$d = 11.689 \text{ mm.}$$

Reemplazando el dato en la fórmula:

$$J = \frac{\pi \times (1.1689)^4}{64}$$

$$J = 0.09164 \text{ cm}^4$$

b) Cálculo de la fuerza entre fases.

Aplicamos la fórmula conocida:

$$F = \frac{13.265 \cdot L \cdot I_{cc}^2 \cdot 10^{-2}}{d} \quad (\text{Kg.}) \quad \text{--- (5)}$$

siendo:

$$L = \text{Distancia entre apoyos} = 100 \text{ cm.}$$

$$I_{cc} = \text{Corriente de cortocircuito} = 5.76 \text{ KA.}$$

$$d = \text{Distancia entre fases} = 30 \text{ cm.}$$

Reemplazando valores en la fórmula (5)

$$F = \frac{13.265 \times 100 (5.76)^2 \times 10^{-2}}{30}$$

$$F = 14.67 \text{ Kg.}$$

c) Momento flector.

$$M = \frac{F \cdot L}{8} \quad (\text{Kg-cm})$$

siendo:

$$F = \text{Fuerza entre fases} = 14.67 \text{ Kg.}$$

$$L = \text{Distancia entre apoyos} = 100 \text{ cm.}$$

Reemplazando valores:

$$M = \frac{14.67 \times 100}{8}$$

$$M = 183.375 \text{ Kg-cm.}$$

d) Esfuerzo máximo de flexión en el extremo de la varilla.

$$\sigma_p = \frac{M}{W} \quad (\text{Kg-cm}^2)$$

donde W es el momento de resistencia en caso de flexión y se calcu-

la de la forma siguiente:

$$W = \frac{\pi d^3}{32} \quad (\text{cm}^3)$$

Reemplazando valores:

$$W = \frac{\pi (1.1689)^3}{32}$$

$$W = 0.1568 \text{ cm}^3$$

Reemplazando los valores del momento flector y el momento de resistencia en la fórmula de esfuerzo máximo de flexión en el extremo de la varilla, tendremos:

$$\sigma_p = \frac{183.375 \text{ Kg-cm}}{0.1568 \text{ cm}^3}$$

$$\sigma_p = 1169.48 \text{ Kg/cm}^2$$

Valor éste correcto ya que la carga permisible del cobre es σ_p (cobre) = 1,000 a 1,200 Kg/cm²

Efectos térmicos debido a la corriente de cortocircuito:

La fórmula es:

$$\theta = 40 + \frac{0.0058}{A^2} I_{cc}^2 (t + 0.6) \times 10^2 \quad (^\circ\text{C}) \quad \text{--- (6)}$$

en la cual:

$$I_{cc} \quad \text{Corriente de cortocircuito} \quad = 5.76 \text{ KA}$$

$$t \quad \text{Tiempo de cortocircuito} \quad = 1 \text{ seg.}$$

A Sección de la varilla de cobre = 1.074 cm²

Reemplazando valores en la fórmula (6) tenemos:

$$\Theta = 40 + \frac{0.0058}{(1.074)^2} \times 5.76^2 \times (1 + 0.6) \times 10^2$$

$$\Theta = 66.7^\circ\text{C}$$

La máxima temperatura para el cobre es 200°C, por lo tanto también es correcto.

Resonancia:

La frecuencia natural es:

$$f_n = 112 \sqrt{\frac{E \cdot J}{G \cdot L^4}} ; \text{ (HZ)} \quad \text{---(7)}$$

en la cual:

E Módulo de elasticidad del cobre' 1.25 x 10⁶ Kg/cm²

J Momento de inercia 0.09164 cm⁴

G Peso de la varilla de cobre 0.009532 Kg/cm

L Distancia entre apoyos 100 cm

Reemplazando los valores en la fórmula (7) tenemos:

$$f_n = 112 \sqrt{\frac{1.25 \times 10^6 \times 0.09164}{0.009532 \times (100)^4}}$$

$$f_n = 38.83 \text{ HZ.}$$

Valor también correcto ya que no es $\pm 10\%$ de 60 HZ.

Flecha:

La fórmula es:

$$F1 = \frac{5 G L^4}{384 E J} \quad (\text{cm}) \quad \text{---(8)}$$

En la cual todos los valores son conocidos según el cálculo anterior; reemplazando en la fórmula (8) tenemos:

$$F1 = \frac{5 \times 0.009532 \times (100)^4}{384 \times 1.25 \times 10^6 \times 0.09164}$$

$$F1 = 0.108 \text{ cm.}$$

Valor muy pequeño y por consiguiente aceptable.

- Barra de baja tensión (S.E. chancadora primaria del tajo).

Datos:

Potencia de cortocircuito	8.93 MVA.
Tensión nominal	0.44 KV.
Distancia entre apoyos	100 cm.
Distancia entre fases	12 cm.
Frecuencia	60 HZ.
Corriente nominal	1312.2 A.
Tiempo de cortocircuito	1 seg.

- Temperatura de la barra

40 C.

Cálculos preliminares:

a) Determinación del tipo de barra.

De las tablas de corrientes nominales escogemos una barra de cobre rectangular de 100 x 10 mm (con una capacidad de corriente de 1700 A)

b) Cálculo de la corriente de cortocircuito.

$$I_{cc} = \frac{N_{cc}}{\sqrt{3} V_n}$$

Reemplazando datos:

$$I_{cc} = \frac{8.93}{\sqrt{3} \times 0.44}$$

$$I_{cc} = 11.72 \text{ KA.}$$

- Cálculo mecánico:

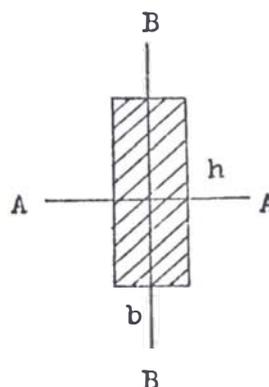
a) Cálculo del momento de inercia de la barra.

La fórmula es:

$$J = \frac{b \cdot h^3}{12} \quad (\text{cm}^4)$$

- Disposición horizontal

$$J_H = J_{AA} = \frac{b \cdot h^3}{12}$$



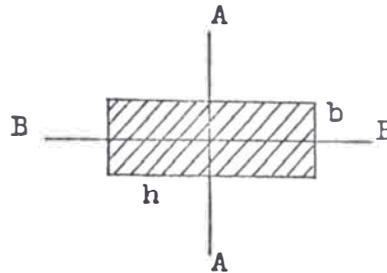
Reemplazando valores:

$$J_H = \frac{1 \times 10^3}{12}$$

$$J_H = 83.33 \text{ cm}^4$$

- Disposición vertical

$$J_V = J_{BB} = \frac{h \cdot b^3}{12}$$



Reemplazando valores:

$$J_V = \frac{10 \times 1}{12}$$

$$J_V = 0.83 \text{ cm}^4$$

- Fibras neutras:

$$C_H = \frac{10}{2} = 5 \text{ cm.}$$

$$C_V = \frac{1}{2} = 0.5 \text{ cm.}$$

b) Cálculo de la fuerza entre fases.

Aplicamos la fórmula (5), y con los datos ya conocidos:

$$F = \frac{13.265 \cdot L \cdot I_{cc}^2 \cdot 10^{-2}}{d}$$

$$F = \frac{13.265 \times 100 \times (11.72)^2 \times 10^{-2}}{12}$$

$$F = 151.84 \text{ Kg.}$$

c) Momento actuante

$$M = \frac{F \cdot L}{8} \quad (\text{Kg} - \text{cm})$$

Reemplazando valores:

$$M = \frac{151.84 \times 100}{8}$$

$$M = 1,898 \text{ Kg-cm}$$

d) Esfuerzo máximo de flexión en la fibra extrema para la barra en posición horizontal.

$$\sigma_p = \frac{M}{J_H / C_H} \quad (\text{Kg/cm}^2)$$

Reemplazando valores:

$$\sigma_p = \frac{1,898 \times 5}{83.33}$$

$$\sigma_p = 113.88 \text{ Kg/cm}^2$$

El máximo esfuerzo admisible por el cobre es de $1,100 \text{ Kg/cm}^2$, por lo tanto la barra rectangular $10 \times 1 \text{ cm}$, es solución en su posición horizontal.

e) Esfuerzo máximo de flexión en la fibra extrema para la barra en su posición vertical.

$$\sigma_p = \frac{M}{J_V / C_V} \quad (\text{Kg/cm}^2)$$

Reemplazando los valores calculados tendremos:

$$\sigma_p = \frac{1,898 \times 0.5}{0.83}$$

$$\sigma_p = 1,143.37 \text{ Kg/cm}^2$$

que es mayor al esfuerzo admisible por el material, por lo tanto la barra 10 x 1 cm, en posición vertical no es solución.

Efectos térmicos debidos a la corriente de cortocircuito.

Aplicando la fórmula (6)

$$\theta = 40 + \frac{0.0058}{A^2} I_{cc}^2 (t + 0.6) \times 10^2 \quad (C)$$

Reemplazando valores en la fórmula descrita:

$$\theta = 40 + \frac{0.0058}{10^2} \times (11.72)^2 (1 + 0.6) \times 10^2 \quad (C)$$

$$\theta = 41.27 \text{ C.}$$

La cual también es correcta, ya que la máxima temperatura admisible del cobre es 200°C.

Resonancia:

Aplicando la fórmula (7) de la frecuencia natural ya conocida:

$$f_n = 112 \sqrt{\frac{E \cdot J}{G \cdot L^4}} ; \text{ (HZ)}$$

en la que:

E Módulo de elasticidad = $1.25 \times 10^6 \text{ Kg/cm}^2$

J Momento de inercia horizontal = 83.33 cm^4

G Peso de la barra de cobre = 0.0890 Kg/cm

L Distancia entre apoyos = 100 cm

Reemplazando estos valores en la fórmula anterior tenemos:

$$f_n = 112 \sqrt{\frac{1.25 \times 10^6 \times 83.33}{0.0890 \times (100)^4}}$$

$$f_n = 383.16 \text{ HZ.}$$

La frecuencia natural debe cumplir la condición:

$$f_n > 1.1 (2 f_e)$$

$$f_n > 1.1 (2 \times 60)$$

$$f_n > 132 \text{ HZ.}$$

Cumple la condición, por lo tanto es correcto.

Flecha:

Aplicando la fórmula (8) tenemos:

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

En la cual todos los valores son conocidos, por tanto reemplazamos en esta fórmula:

$$F1 = \frac{5 \times 0.0890 \times (100)^4}{384 \times 1.25 \times 10^6 \times 83.33}$$

$$F1 = 0.0011 \text{ cm.}$$

Valor muy pequeño y por consiguiente aceptable.

- Barra de baja tensión (Bus Bar Planta de chancado)

- Datos:

Potencia de cortocircuito	8.93 MVA
Tensión nominal	0.44 KV
Distancia entre apoyos	100 cm
Distancia entre fases	12 cm
Frecuencia	60 HZ
Corriente nominal	740.51 A
Tiempo de cortocircuito	1 seg
Temperatura de la barra	40° C

Cálculos preliminares:

a) Determinación del tipo de barra.

De las tablas de corrientes nominales escogemos una barra de cobre rectangular de 80 x 10 mm (con una capacidad de corriente de 1400 A)

b) La corriente de cortocircuito calculado anteriormente dio:

$$I_{cc} = 11.72 \text{ KA.}$$

Cálculo mecánico:

a) Cálculo del momento de inercia de la barra:

$$J = \frac{b \cdot h^3}{12} \quad (\text{cm}^4)$$

- Disposición horizontal

$$J_H = \frac{b \cdot h^3}{12}$$



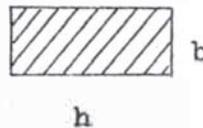
Reemplazando valores:

$$J_H = \frac{1 \times 8^3}{12}$$

$$J_H = 42.67 \text{ cm}^4$$

- Disposición vertical

$$J_V = \frac{h \cdot b^3}{12}$$



Reemplazando valores:

$$J_V = \frac{8 \times 1^3}{12}$$

$$J_V = 0.67 \text{ cm}^4$$

Fibras neutras:

$$C_H = \frac{8}{2} = 4 \text{ cm.}$$

$$C_V = \frac{1}{2} = 0.5 \text{ cm.}$$

b) Cálculo de la fuerza entre fases.

Aplicamos nuevamente la fórmula (5), y con los datos ya conocidos:

$$F = \frac{13.265 \cdot L \cdot I_{cc}^2 \cdot 10^{-2}}{d}$$

$$F = \frac{13.265 \times 100 \times (11.72)^2 \times 10^{-2}}{12}$$

$$F = 151.84 \text{ Kg.}$$

c) Momento actuante

$$M = \frac{F \cdot L}{8} \quad (\text{Kg-cm})$$

Reemplazando valores:

$$M = \frac{151.84 \times 100}{8}$$

$$M = 1,898 \text{ Kg-cm.}$$

d) Esfuerzo máximo de flexión en la fibra extrema para la barra en posición horizontal.

$$\sigma_p = \frac{M}{J_H / C_H} \quad (\text{Kg/cm}^2)$$

Reemplazando valores:

$$\sigma_p = \frac{1,898 \times 4}{42.67}$$

$$G_p = 177.92 \text{ Kg/cm}^2$$

Valor correcto ya que el máximo esfuerzo del cobre es de $1,100 \text{ Kg/cm}^2$; por lo tanto es correcto en posición horizontal.

- Efectos térmicos debidos a la corriente de cortocircuito.

Aplicando la fórmula (6)

$$\theta = 40 + \frac{0.0058}{A^2} I_{cc}^2 (t + 0.6) \times 10^2 \quad (^\circ\text{C})$$

Reemplazando valores en la fórmula descrita:

$$\theta = 40 + \frac{0.0058}{8^2} (11.72)^2 (1 + 0.6) \times 10^2$$

$$\theta = 41.99^\circ\text{C}$$

La cual es correcta, ya que la temperatura máxima del cobre es 200°C .

Resonancia:

Aplicando la fórmula (7) de la frecuencia natural conocida:

$$f_n = 112 \sqrt{\frac{E \cdot J}{G \cdot L^4}} \quad (\text{HZ})$$

en la que:

G es el peso de la barra de cobre = 0.0712 Kg/cm

Los demás parámetros son ya conocidos.

Reemplazando valores en la fórmula tenemos:

$$\sqrt{\frac{1.25 \times 10^6 \times 42.67}{0.0712 \times (100)^4}}$$

$$f_n = 306.55 \text{ Hz.}$$

que también cumple la condición:

$$f_n > 132 \text{ Hz.}$$

Flecha:

Aplicando la fórmula (8) tenemos:

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

Reemplazando todos los valores ya conocidos:

$$F_l = \frac{5 \times 0.0712 \times (100)^4}{384 \times 1.25 \times 10^6 \times 42.67}$$

$$F_l = 0.0017 \text{ cm.}$$

Valor también muy pequeño y, por consiguiente, aceptable.

3.5.2 - Cálculo de los aisladores portabarras de A.T. y B.T.

- Generalidades

Se usan para llevar los conductores desnudos. Además, deben disponer de la necesaria vía de dispersión de la corriente entre las partes activas y tierra, así como resistir los esfuerzos electro-dinámicos que se produzcan en caso de cortocircuito.

Los aisladores serán del tipo interior.

- Aislador de 2.4 KV.

Nuestros datos son:

- Tensión nominal = 2.4 KV.
- Carga de rotura aplicada = 14.67 Kg.

De acuerdo con estos datos escogemos de los catálogos el aislador del tipo 7111/F, con las siguientes características:

- Tensión nominal = 7.2 KV.
- Nivel de aislamiento
 - a) Tensión de ensayo a frecuencia industrial 1 minuto = 27 KV.
 - b) Tensión de ensayo con onda de choque 1.2 / 50 μ s. = 60 KV.
- Carga mínima de rotura a la flexión = 180 Kg.
- Línea de fuga = 115 mm.
- Altura del aislador = 120 mm.
- Aislador de 440 V.

Nuestros datos son:

- Tensión nominal = 440 V.
- Carga de rotura aplicada = 151.84 Kg.

De acuerdo con estos datos escogemos del catálogo el aislador del tipo 7111/Fr, con las siguientes características:

- Tensión nominal = 1 KV.
- Nivel de aislamiento
- a) Tensión de ensayo a frecuencia industrial 1 minuto = 5 KV.
- b) -
- Carga mínima de rotura a la flexión = 375 Kg.
- Línea de fuga = 60 mm.
- Altura del aislador = 60 mm.

3.5.3 - Cálculo del seccionador del lado A.T.

La potencia total instalada de la S.E. chancadora primaria del tajo es de 1000 KVA.

La corriente máxima en el lado A.T. del transformador, es:

$$I_M = \frac{PI}{\sqrt{3} \cdot V}$$

Reemplazando valores numéricos tenemos:

$$I_M = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 2.4}$$

$$I_M = 240.57$$

De acuerdo con la corriente máxima y la tensión seleccionamos de catálogos, el seccionador siguiente:

Tipo FU 12, con las siguientes características:

- Tensión nominal = 12 KV.
- Corriente nominal = 630 A.

Como la corriente nominal en la S.E. chancadora es de 240.57 A., este seccionador satisface las condiciones solicitadas.

El límite electrodinámico del seccionador es:

63 KA / 12 a 24 KV.

40 KA / 36 KV.

3.5.4 - Cálculo de los breakers del lado B.T.

Se ha decidido emplear dos breakers de salidas: uno para planta de chancado y otro para la planta de relleno hidráulico y futura planta de lixiviación de plata.

Para lo cual dispusimos así:

- Planta de chancado de minerales:

Calculado anteriormente = $I_d = 792.80$ A., por lo cual tomamos un breaker de 3 x 1250 A., en 660 V.

La corriente de cortocircuito simétrica en la barra 5 es de 11.72 KA. a 440 V.; el breaker elegido tiene una capacidad de corriente de apertura en cortocircuito simétrica de 50 KA. a 500 V., la cual satisface las condiciones.

- S.E. Chancadora primaria del tajo.

Calcularemos el interruptor termomagnético para el lado de baja tensión del transformador de potencia de 1000 KVA.

Datos:

Potencia 1000 KVA.

Tensión 480 V.

$$I_n = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 0.48}$$

$$I_n = 1202.8 \text{ A.}$$

$$= 1.25 \times I_n$$

$$I_d = 1505.3 \text{ A.}$$

Por lo tanto empleamos un interruptor termomagnético de 3 x 1600 A. el cual tiene una capacidad de ruptura simétrica de 45 KA. a 440 V.AC.

Este interruptor es adecuado a nuestras necesidades ya que la capacidad de ruptura calculada en la barra de baja tensión fue de 11.72 KA.

Este interruptor será instalado en la celda de baja tensión de la sub estación chancadora.

- Planta de relleno hidráulico y futura planta de lixiviación de plata:

En cálculos anteriores hallamos sus corrientes de diseño de 105.55 A. y 279.68 A. respectivamente; entonces consideramos las condiciones más críticas cuando estén funcionando ya ambas plantas en su capacidad máxima.

$$\begin{aligned} I_d &= I_{d_1} + I_{d_2} \\ I_d &= 105.55 + 279.68 \\ I_d &= 385.23 \text{ A.} \end{aligned}$$

Por lo tanto decidimos por un breaker de 3 x 630 A.

La corriente de cortocircuito simétrica en la barra 5 es 11.72 KA., a 440 V.; el breaker elegido tiene una capacidad de corriente de apertura en cortocircuito simétrica de 35 KA. a 440 V., la cual también satisface las condiciones.

3.5.5 - Cálculo de las celdas de A.T. y B.T.

Para el diseño de las celdas de A.T. y B.T. hemos tomado en cuenta lo siguiente:

- Espacio requerido para su operación.
- Dimensiones de los equipos eléctricos.
- Distancias mínimas requeridas de separación de las partes activas a las partes metálicas de las celdas.

En las figuras 16 y 18 mostramos lo siguiente:

Figura 16: Celda del seccionador, en 2.4 KV.

Figura 18: Celda de los breakers en 440 V.

3.5.6 - Cálculo de los instrumentos de medición y servicios auxiliares.

En cuanto a los instrumentos de medición tenemos en cuenta los siguientes parámetros eléctricos de control como:

3 amperímetros de escala 0 - 1500 A.

3 transformadores de corriente de 1500/5 A.

1 voltímetro de escala 0 - 600 V.

1 transformador de tensión de 2400 / 110 V.

1 conmutador voltímetro para medidas de tensión entre fases.

1 transformador trifásico de 25 KVA., con una relación de transformación 440/220 110 V. (para iluminación y control de la chancadora de minerales).

3.5.7 - Cálculo del sistema de ventilación.

En el diseño de esta cabina hemos tomado las siguientes consideracio-

- No se consideró canal de entrada ya que producía el problema de entrada de mucho polvo de minerales procedente del tajo; de esta manera

quedaría cubierto el transformador, por lo tanto dificultaría la di sipación de calor de dicho equipo.

- Asimismo en el canal entraría agua debido a las constantes lluvias que se producen en la zona. Esto podría solucionarse colocando tube ría de drenaje de agua, pero sería muy problemático instalarla debido a que el terreno es sumamente rocoso.

Para nuestra S.E. tenemos un transformador de 1000 KVA., con un rendimiento de 93 % a plena carga, por lo que la pérdida será:

$$P_e = \frac{1.4 \times N}{\eta \cdot 100} \quad (\text{KW})$$

Reemplazando valores:

$$P_e = \frac{1.4 \times 1000}{0.93 \times 100}$$
$$P_e = 15 \text{ KW.}$$

Con estos datos nos decidimos por una sección de salida de 1.2 m².

Como la instalación se encuentra a 4,300 M.S.N.M. (metros sobre el nivel del mar), tenemos una presión de 0.7 atmósferas, una tempera tura exterior de 10°C y una temperatura interior de 50°C.

Asumiendo ventilación con aire seco, para el caso más desfavorable tendremos que:

- Densidad del aire a la entrada de la cabina:

$$\gamma_0 = \frac{342 \cdot P}{T} \quad (\text{Kg/m}^3)$$

siendo:

γ_e = Densidad del aire seco

T = Temperatura absoluta en ° K = 283

P = Presión del aire en atmósferas = 0.7

Por lo tanto:

$$\gamma_e = \frac{342 \times 0.7}{283}$$

$$\gamma_e = 0.846 \text{ Kg/m}^3$$

- Densidad del aire a la salida de la cabina:

$$\gamma_s = \frac{342 \cdot P}{T}$$

$$\gamma_s = \frac{342 \times 0.7}{323}$$

$$\gamma_s = 0.741 \text{ Kg/m}^3$$

- La cantidad de aire necesario para disipar las pérdidas es:

$$Q = \frac{866 \cdot P_e}{0.238 (t_1 - t) 3600 \gamma} \quad (\text{m}^3/\text{seg.})$$

siendo:

P_e = Pérdida del transformador de 1000 KVA., en KW = 15

Reemplazando valores:

Cantidad de aire necesario a la entrada de la cabina:

$$Q_e = \frac{866 \times 15}{0.238 (50 - 10) \times 3600 \times 0.846}$$

$$Q_e = 0.45 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

Cantidad de aire necesario a la salida de la cabina:

$$Q_s = \frac{866 \times 15}{0.238 (50 - 10) \times 3600 \times 0.741}$$

$$Q_s = 0.51 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

- Fuerza ascensional del aire caliente; está dado por:

$$P_o = \left(\frac{h}{1 + \alpha t_1} - \frac{h}{1 + \alpha t_2} \right) \quad (\text{mt.})$$

P_{o1} = Para la zona h_1

P_{o2} = Para la zona h_2

h = Altura parcial de la columna de aire caliente (mt.)

t_1 = Temperatura del aire exterior (10°C)

t_2 = Temperatura del aire interior (50°C)

t_m = Temperatura media en el transformador (30°C)

α = $0.00366^\circ \text{C}^{-1}$

$$h_1 = 1.633 \text{ (altura del tanque del transformador)}$$

$$h_2 = 1.417 \text{ (altura del extremo superior del tanque a la ventana de salida).}$$

$$P_{o1} = 1.633 \left(\frac{1}{1 + 0.00366 \times 10} - \frac{1}{1 + 0.00366 \times 30} \right)$$

$$P_{o1} = 1.633 \times 0.064$$

$$P_{o1} = 0.1045 \text{ mt.}$$

$$P_{o2} = 1.417 \left(\frac{1}{1 + 0.00366 \times 10} - \frac{1}{1 + 0.00366 \times 50} \right)$$

$$P_{o2} = 1.417 \times 0.120$$

$$P_{o2} = 0.17 \text{ mt.}$$

La fuerza ascensional del aire caliente será:

$$P_o = P_{o1} + P_{o2}$$

$$P_o = 0.1045 + 0.17$$

$$P_o = 0.2745 \text{ mt.}$$

La ventana de entrada es de 2.0 x 0.60 mt., es decir:

$$A = 2.0 \times 0.60$$

$$A = 1.2 \text{ m}^2$$

La velocidad de aire a la entrada es:

$$v_e = \frac{Q_e}{A_e} \quad (\text{m/seg.})$$

$$v_e = \frac{0.45}{1.2}$$

$$v_e = 0.375 \text{ m/seg.}$$

La sección de las ventanas de ventilación debe preverse de tal forma que la fuerza ascensional del aire sea algo mayor que la suma de las pérdidas de presión, es decir:

$$h = h_1 + h_2 + \dots + h_i$$

en la que:

$$h_i = \frac{v^2}{2g(1 + \alpha t)} (1 + \phi_i)$$

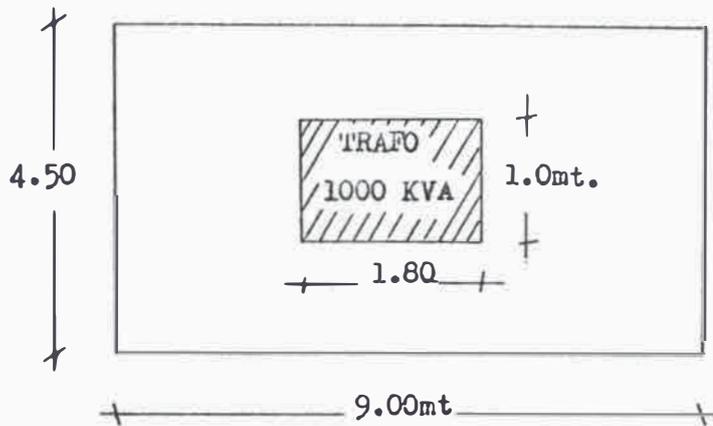
Para nuestro caso, en la ventana de entrada se ha colocado un sistema de persianas de celosía, las que originan pérdidas, con un coeficiente $\phi = 0.55$ (caso cuando la sección libre de la ventana es de 0.65 de la sección de la misma); por lo tanto:

$$h_i = \frac{(0.375)^2}{2 \times 9.81 (1 + 0.00366 \times 10)} (1 + 0.55)$$

$$h_1 = 0.0107 \text{ mt.}$$

Al pasar el aire por el transformador, el área neta será de acuerdo

con el siguiente gráfico:



$$\begin{aligned} \text{Area total} &= 9.00 \times 4.50 \\ &= 40.5 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Area trafo} &= 1.80 \times 1.0 \\ &= 1.80 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Area libre} &= 40.5 - 1.80 \\ &= 38.7 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

La velocidad del aire es de:

$$V = \frac{Q_e}{A} \quad (\text{m/seg.})$$

$$V = \frac{0.45}{38.7}$$

$$V = 0.0116 \text{ m/s}$$

La altura dinámica para obtener esta velocidad es:

$$h_2 = \frac{(0.0116)^2}{2 \times 9.81 (1 + 0.00366 \times 10)}$$

$$h_2 = 6.62 \times 10^{-6} \text{ mt. (prácticamente despreciable)}$$

En la cabina despreciamos las pérdidas por fricción.

La sección de salida es de 1.2 m^2 .

La velocidad de salida es:

$$v_s = \frac{Q_s}{A_s} \quad (\text{m/seg.})$$

$$v_s = \frac{0.51}{1.2}$$

$$v_s = 0.425 \text{ m/seg.}$$

Debemos indicar que en la salida también hemos considerado persianas de celosía, las que también originan pérdidas, con un coeficiente $\phi = 0.55$, similar a la de entrada; por lo tanto:

$$h_3 = \frac{(0.425)^2}{2 \times 9.81 (1 + 0.00366 \times 50)} (1 + 0.55)$$

$$h_3 = 0.012 \text{ mt.}$$

El total de pérdidas debe ser compensado por la fuerza ascensional del aire:

$$\begin{aligned} \sum h &= h_1 + h_2 + h_3 \\ &= 0.107 + 0.012 \\ &= 0.119 \text{ mt.} \end{aligned}$$

En la que se cumple que:

$$\Sigma h < P_0$$

$$0.119 < 0.2745$$

Por lo tanto nuestro diseño es correcto.

3.6 - Cálculo del arrancador del motor de la chancadora primaria de minerales.

La función del motor eléctrico es la de accionar una chancadora primaria de quijada, para triturar los minerales de gran tamaño.

Por ello, lo más recomendable es el empleo de un motor eléctrico de inducción del tipo de rotor bobinado, con anillos colectores, y resistencia exterior de arranque.

Debido a estas resistencias de arranque adecuadamente dimensionadas, puede obtenerse con estos motores un par de arranques, hasta 2.5 veces el par nominal, con la correspondiente variación de la corriente, en proporción algo mayor.

Por medio de este método de arranque por resistencias sucesivas se obtiene un accionamiento suave y libre de golpes bruscos.

Cabe mencionar que las resistencias exteriores son usadas para el arranque, las mismas que se unen eléctricamente al devanado del rotor por medio de escobillas y anillos colectores.

El motor alcanza su velocidad máxima cuando el rotor queda en cortocircuito, operación que se hace con el mismo reostato de arranque.

Para nuestro caso el motor es de 200 HP y de 440 voltios, y el tipo de arranque es manual por medio de resistencias de arranque.

- Resistencia nominal

En nuestro motor de inducción de rotor bobinado se llama resistencia nominal del rotor a la resistencia pura de cada línea del rotor y consta de una interna y otra exterior.

En la figura 5 se muestra el esquema de conexión a la red de un motor asincrónico con resistencias interior y exterior, así como tensiones y corrientes

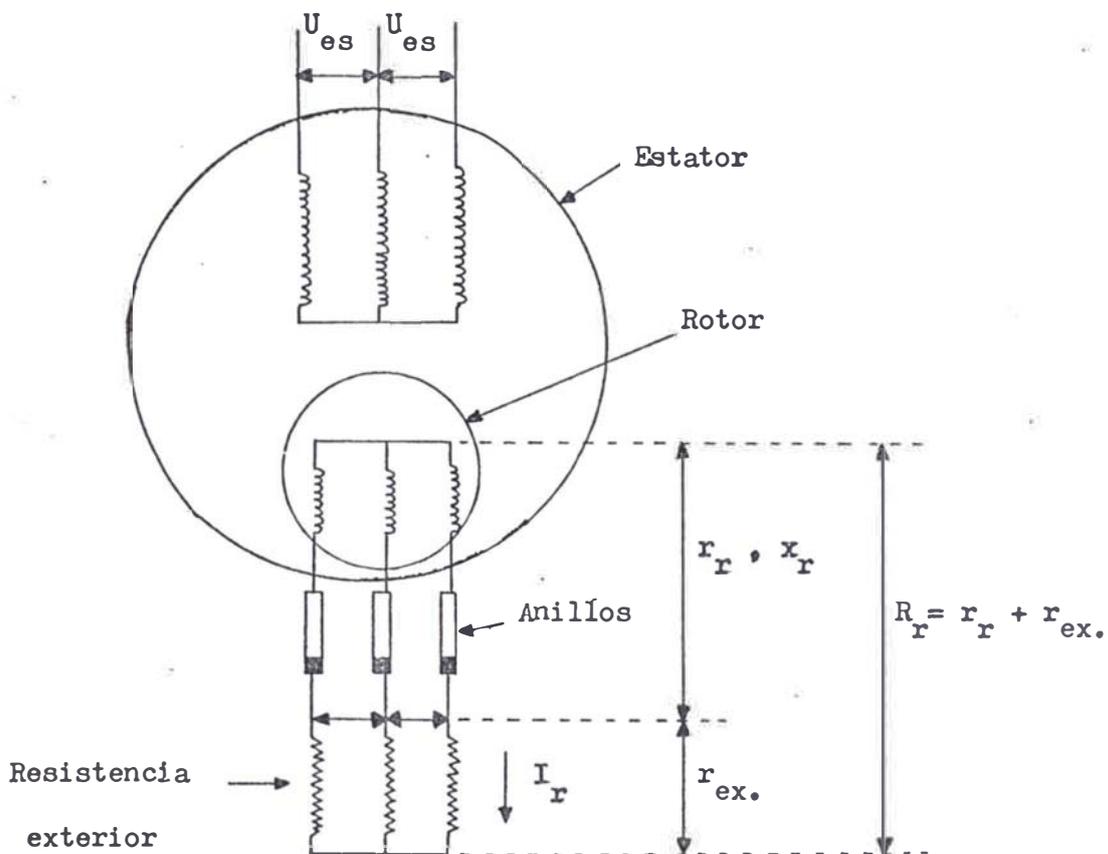


Figura 5 : Esquema de conexiones de un motor asincrónico con resistencias exteriores en el rotor.

Llamaremos línea del rotor a sus circuitos entre el punto neutro interno de las fases conectadas en estrella y el punto neutro de las resistencias exteriores.

En caso de conexión de las fases del rotor en triángulo, concebiremos las líneas como para la estrella equivalente.

Para obtener en las líneas del rotor, cuando éste es fijo, corrientes nominales I_{rn} , cada una de ellas debe tener la resistencia:

$$R_{rn} = \frac{E_{r.n}}{\sqrt{3} I_{r.n}}$$

siendo:

$E_{r.n}$ la F.E.M. entre los aros del rotor fijo abierto.

Conforme a la figura anterior, habría sido necesario escribir en la fórmula mencionada no la resistencia pura $R_{r.n}$, sino la impedancia $Z_{r.n}$, pero debido a que la resistencia pura de los circuitos del rotor de los motores asincrónicos, la que consta de la interior y exterior pura, casi es igual a la impedancia (aparente), adoptamos $R_{r.n}$ en lugar de $Z_{r.n}$.

Es completamente indiferente para la determinación de $R_{r.n}$ cómo están conectados los devanados, en estrella o en triángulo.

Al determinar $R_{r.n}$ de un motor asincrónico ejecutado para un régimen permanente de trabajo, el valor $I_{r.n}$ se toma de acuerdo con el catálogo correspondiente al régimen permanente; éste es nuestro caso.

Si el motor está ejecutado para el trabajo de régimen intermitente o de corta duración, el valor de $I_{r,n}$ se deberá tomar de acuerdo con el catálogo para régimen de 25 % TC.

- Características naturales del motor tratado.

Consideremos las características principales establecidas en la fig. 6 como ilustrativa para una ejecución de motor de inducción de rotor bobinado.

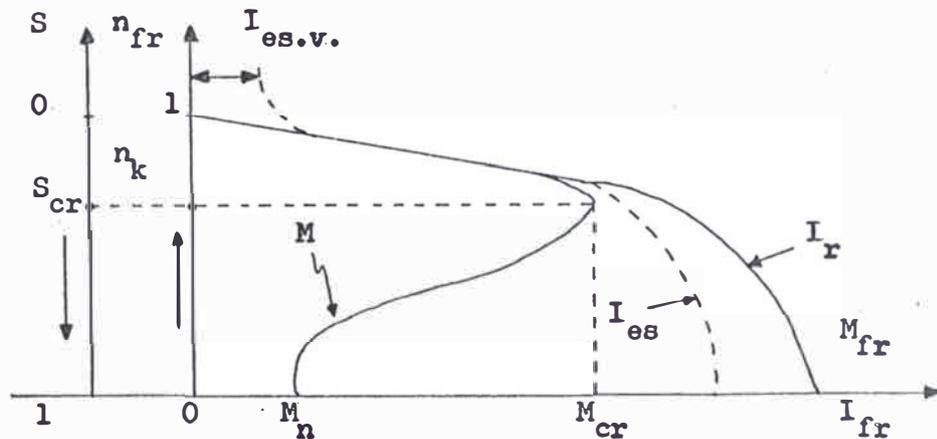


Fig. 6 : Características naturales del motor tratado.

La magnitud $n_{fr} = 1$ corresponde a la velocidad del rotor igual a la velocidad de rotación del flujo del estator. En este caso, en el rotor no se induce ninguna f.e.m. y por lo tanto la corriente en éste y el momento en el eje son iguales a cero.

Entretanto, a través del devanado del estator fluye corriente de imagnación (corriente en vacío ideal) que la designamos como $I_{es.v.}$

Esta corriente engendra un flujo magnético en el estator que induce una f.e.m. opuesta que compensa casi totalmente la tensión exterior aplicada.

Para nuestro caso de régimen de trabajo permanente, el entrehierro entre el estator y rotor se hace muy estrecho (fracciones de milímetro).

La corriente del estator de la marcha en vacío en este motor es relativamente pequeña y constituye una pequeña parte de la corriente nominal del estator, es decir:

$$I_{es.v.} \approx (0.2 \div 0.4) I_{es.n.}$$

Con la disminución de la velocidad el momento incrementa, al principio, aproximadamente de acuerdo a la ley rectilínea, a continuación su crecimiento disminuye algo: el momento alcanza su máximo y cae bruscamente.

El aumento del momento estático, aunque sobrepasa muy poco el momento máximo, provoca el alto del motor. A este momento se le llama momento crítico $M_{cr.}$ y al respectivo deslizamiento, deslizamiento crítico $S_{cr.}$

Para la mayoría de los momentos ordinarios de ejecución industrial:

$M_{cr.} = 1.5 - 3.5$, en tanto que $S_{cr.}$ se encuentra entre los límites de $0.008 - 0.3$.

Al bajar la velocidad, contando desde la sincrónica, la corriente del rotor varía al principio por igual con el momento, es decir, por la ley rectilínea y, cerca a la velocidad crítica discrepa con aquél, aumentando a continuación, pero ya no tan a prisa. El cambio de la corriente del estator en función de la velocidad se muestra con línea punteada.

3.7 - Cálculo de los arrancadores de estado sólido para los motores eléctricos de las fajas transportadoras de minerales.

Debido al tipo de accionamiento necesario para la faja de minerales, se precisa de un arranque suave y que su incremento de velocidad se haga gradualmente. Surge la necesidad de contar con un arrancador de voltaje reducido.

Dentro de esta técnica de arranque existen varias técnicas más o menos similares, de las cuales hemos seleccionado el arrancador electrónico de tensión reducida por las siguientes razones:

- El arrancador de estado sólido es lo último para el arranque de motores de inducción AC, mediante arranque suave, libre de escalones o saltos en el accionamiento.

Para nuestro caso, los motores de las fajas transportadoras de minerales son de 125 HP y 440 V., ambos de inducción.

- Los sistemas de distribución de potencia no pueden ser capaces de maniobrar las grandes irrupciones a través de la línea de arranque. Por ello, los motores de gran potencia requieren arranque a voltaje reducido para evitar altos torques pico que producen daños a los equipos de accionamiento; en algunos casos, en el sistema de distribución de potencia se produce el centelleo de la iluminación.

Todos estos ejemplos requieren algún método de arranque a voltaje reducido.

El arranque a voltaje reducido es realizado por aplicación de voltaje reducido al motor, permitiendo al mismo arrancar con una corriente re

ducida. El motor entonces acelera para llegar a la plena velocidad, con un nivel de torque reducido, permitiendo reducir la alta irrupción y choques mecánicos producidos por el arranque a través de la línea.

A continuación mostramos los diversos tipos de arranques a voltaje reducido disponibles hoy (tabla 8), con sus características técnicas cada uno, en la que se distingue claramente que el arrancador más conveniente para nuestro caso es el de estado sólido a tensión reducida.

El arrancador de estado sólido consiste en tres juegos de dos tiristores SCR's conectados en paralelo inverso con un control electrónico compacto.

El arranque suave es realizado por un control de fase de los SCR'S usando corriente o rápida realimentación a circuito cerrado. Además tiene un relé de sobrecarga de estado sólido para protección del motor.

En el plano IE - 4 mostramos el diagrama elemental del arrancador de estado sólido.

En el plano IE - 5 mostramos el diagrama de conexiones en el panel del arrancador de estado sólido.

3.8 - Cálculo del sistema motriz de la planta de chancado y centro de control de motores eléctricos.

Para el presente cálculo tomamos las siguientes consideraciones:

- La temperatura ambiente máxima a que llega a soportar el conductor

es de 40 °C.

- Los tipos de cables a emplearse son unipolar TW y unipolar y tripolar NYY, los cuales soportan como máximo 60 °C y 80 °C de temperatura respectivamente.

- Todos los motores eléctricos son asíncronos trifásicos.

- La caída de tensión máxima en fuerza es del 3 % E, iluminación 1%, de acuerdo con el código eléctrico del Perú.

El procedimiento de cálculo es el siguiente:

Cálculo de la corriente que debe transportar el conductor, para lo cual aplicamos la fórmula:

$$I_n = \frac{HP \cdot 746}{\sqrt{3} V \eta \cos \phi}$$

en la que:

HP es la potencia, en caballos de fuerza.

V es la tensión, en voltios.

η es la eficiencia, expresada en decimales.

$\cos \phi$ es el factor de potencia.

I_n es la corriente nominal, en amperios.

Una vez calculada esta corriente debemos dividir este valor por el factor de corrección por temperatura 0.82 para TW y 0.80 para NYY,

ya que las condiciones de trabajo son de 40°C, y además multiplicar dicha corriente por el factor 1.25.

$$I_d = \frac{1.25 I_n}{0.82} \quad (\text{cable TW})$$

$$I_d = \frac{1.25 I_n}{0.80} \quad (\text{cable NYY})$$

Una vez calculada esta corriente de diseño, buscamos en el catálogo la sección del conductor en mm², y reemplazamos en la fórmula de la caída de tensión en porcentaje:

$$\Delta v = \left(\frac{\sqrt{3} I_d \rho L}{S V} \cos \phi \right) \times 100 \%$$

en la que:

I_d es la corriente de diseño, en amperios.

ρ es la resistividad del cobre = $0.018593 \frac{\Omega \cdot \text{mm}^2}{\text{m}}$ (40°C)

L es la longitud del cable, en metros

$\cos \phi$ es el factor de potencia

S es la sección real del conductor, en mm²

V es la tensión, en voltios

Esta caída de tensión no debe superar el 3 %.

A continuación presentamos las tablas 9 y 10, con todos los datos y resultados obtenidos.

3.9 - Diseño del sistema de automatización y control del proceso de chancado primario de minerales.

El funcionamiento de la chancadora primaria del tajo debe tener una secuencia lógica de accionamiento de cada uno de sus componentes, los que conforman el sistema de automatización.

La secuencia de funcionamiento está de acuerdo a un sistema de enclavamiento, la cual sigue un proceso o diagrama de flujo correspondiente.

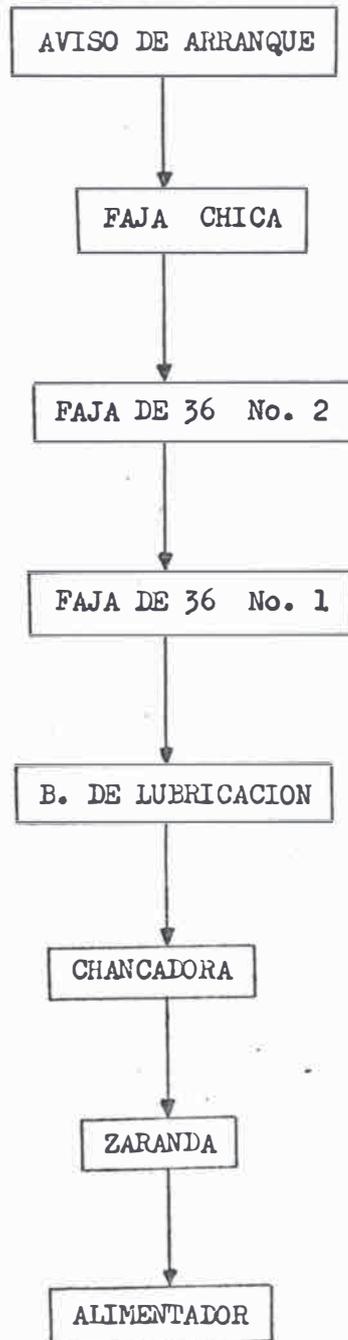
En líneas más adelante mostraremos los esquemas del "sistema de enclavamiento" y el "diagrama de flujo", en los cuales nos basaremos para nuestro diseño.

De acuerdo con el diagrama de flujo debemos desarrollar un esquema eléctrico de enclavamiento lógico, teniendo en cuenta la manera cómo deben comenzar a accionar los motores eléctricos de cada una de las partes que conforman la chancadora primaria de minerales, para lo cual diseñamos también una "consola de mando" para dicho proceso.

La lógica de funcionamiento será de acuerdo con el plano IE - 8: "Diagrama de control y automatización de la planta de chancado", la cual consiste en:

- 1) Poner en aviso al personal que labora en la planta que se va a comenzar el accionamiento eléctrico del sistema motriz; para ello se cuenta con un sistema de alarma visual y audible, que funciona simultáneamente por algunos segundos. Transcurrido este tiempo la alarma dejará de sonar y las luces se apagarán presionando el push-botton de arranque.

SISTEMA DE ENCLAVAMIENTO



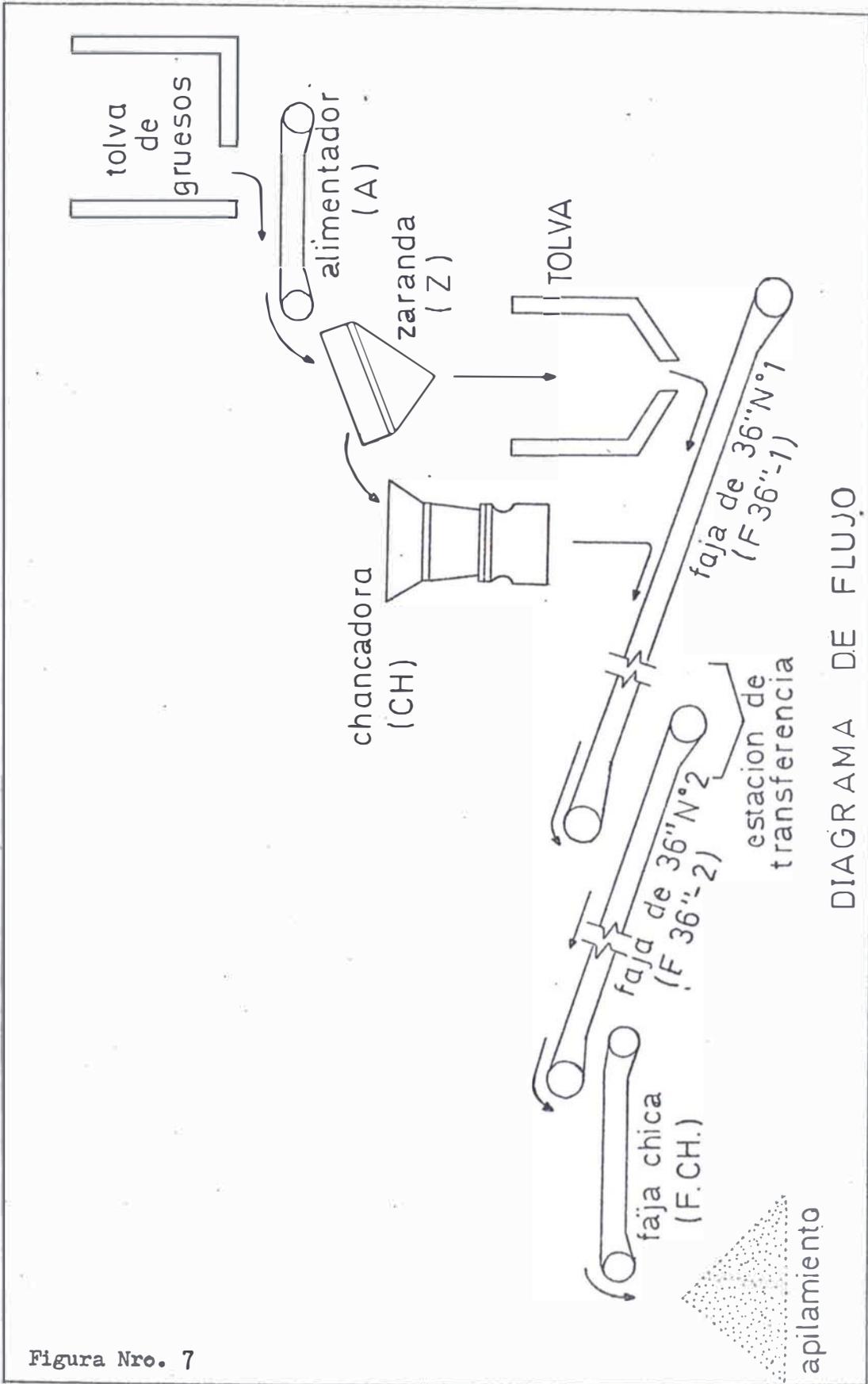


Figura Nro. 7

De acuerdo con la nomenclatura del plano mencionado, corresponde el símbolo PA, el cual hace energizar el relé auxiliar de arranque RAl, que hace pegar los contactos normalmente abiertos RAl; el primero enciende los fluorescentes para iluminar el esquema mímico de la consola; el segundo, pega el contacto RAl para hacer funcionar el sistema de arranque audible-visible temporizado, mediante un timer regulable de acuerdo con la necesidad.

Al pegarse dicho contacto RAl se produce el encendido y apagado de la lámpara LA1, la cual es una lámpara intermitente indicadora de arranque del sistema, y ello se consigue mediante un circuito eléctrico con ayuda de un condensador que se carga y descarga constantemente.

Simultáneamente comienzan a funcionar dos sirenas de aviso de arranque: SA_{CH} (sirena ubicada en la chancadora) y SA_T (sirena ubicada en la tornamesa), así como también se encienden dos lámparas rojas: L_{CH} (lámpara ubicada en la chancadora) y L_T (lámpara ubicada en la torna mesa). Todo este sistema audible-visible funciona durante el tiempo de acción del timer.

Cabe aclarar que cuando la consola de mando tiene tensión, se enciende la lámpara LT (lámpara indicadora de tensión); además, mientras no se accione el interruptor termomagnético principal I - 2, no funcionará ningún tipo de accionamiento eléctrico, tal como se indica en el plano IE - 8, funcionando solamente el sistema de alarma indicado anteriormente.

2) Existe un pulsador de emergencia PE ubicado en la consola de mando para cualquier parada instantánea de todo el sistema.

3) Ponemos en funcionamiento la "faja chica" para lo cual disponemos de botonera de arranque y parada en la consola de mando y en la misma faja chica. Además existe un relé térmico de sobrecarga RT, así como también su lámpara de señalización.

4) Luego podemos hacer accionar el motor de la "faja transportadora de 36" - No. 2", para lo cual tenemos dos posibilidades de accionamiento: automática o manual.

Cuando ponemos el selector en la posición 1, en posición automática, no acciona si previamente no funciona la faja chica; en cambio cuando el selector se encuentra en la posición 2, se puede accionar la faja de 36" - No.2 sin que previamente esté funcionando la faja chica. Esta última posición es usada para fines de mantenimiento.

5) De igual modo funciona el motor de la faja transportadora de 36"-No.1. Además estas dos fajas durante su funcionamiento poseen sus lámparas de señalización.

6) Luego debe ponerse en accionamiento el "sistema de lubricación FARVAL", para lo cual el contactor de la bobina F 36"-1 ya estaba pegado previamente, con lo cual funcionará el motor del TR1 - timer, el que producirá el cambio de posición del Switch TR-1 (CYCLE SW).

Una vez hecho esto se produce el desembrague del CLUTCH; simultáneamente hace accionar M2 que es el motor del TR2 - timer, desconecta el contactor TR-2 (INST. SW), cambia de posición el Switch TR-2 (CUT OUT SW) y el Switch TR-2 (SIGNAL SW), enciende la lámpara de señalización L5, con lo cual se concluye el proceso de lubricación.

7) Además en el circuito 6 se hacen accionar los relés RA y AG, que

a su vez hacen pegar los contactores AG para la chancadora y RA para la zaranda.

En cuanto al contactor S-2, éste funciona cuando se enclava con la faja de 36", quedando en esta forma en condiciones de poner en funcionamiento la chancadora.

Para esto primeramente hacemos accionar el DRUM 1, que a su vez hace pegar el contactor CH; al mismo tiempo hace accionar el DRUM 2. Cuando se acciona el DRUM 2, se desconecta el DRUM 1 y de esta forma funciona la chancadora, con su respectiva lámpara de señalización instalada en la consola de mando.

8) Para el circuito de la "zaranda", en la posición 1 está en automático; para ello los contactos RA y CH están ya pegados.

Para poner en funcionamiento la zaranda presionamos el botón de arranque PA, el cual hace funcionar la bobina Z, la que a su vez pega el contactor Z, poniendo en accionamiento el motor de la zaranda, con su respectiva lámpara de señalización,

Existen botoneras de arranque y parada tanto en la consola de mando como en la misma zaranda.

9) Para el circuito del "alimentador", en la posición 1 está en automático, cuando el contactor Z está ya pegado, para lo cual presionamos el botón de arranque PA del alimentador poniendo en funcionamiento el motor, así como también su lámpara de señalización.

Existen botoneras de arranque y parada tanto en la consola de mando como en el mismo motor del alimentador.

De esta forma se tiene la lógica de funcionamiento de todo el sistema de la planta de chancado primario de minerales. Para apagar el sistema se procede en el sentido inverso al de encendido.

A manera de información adicional mostramos el esquema 8 para proseguir con un proceso de chancado del mineral hasta llegar a convertirlos en finos.

3.10 - Selección de la grúa puente de la chancadora.

Con el presente proyecto se pretende presentar una información detallada que permita todo trabajo relacionado con la grúa, es decir:

- Confección de los planos tanto de fuerza como de control.
- Explicación del principio de funcionamiento de la grúa, permitiendo un uso correcto de los controles.
- Especificaciones técnicas de los elementos eléctricos que se emplearon en nuestro proyecto.
- Valores notables que nos darán un índice del normal funcionamiento de la grúa, como resistencias, amperajes, etc.

En el plano IE-9 se muestra el diagrama de fuerza y control de la grúa.

Para el cableado empleamos lo siguiente:

- Conductor TW calibre 3/0 AWG para la alimentación principal de 440 V.
- Conductor TW calibre 6 AWG, para el motor de izaje.
- Conductor TW calibre 14 AWG, para el motor del trolley.

CONCENTRADORA PARAGSHA - CIRCUITO DE CHANCADO

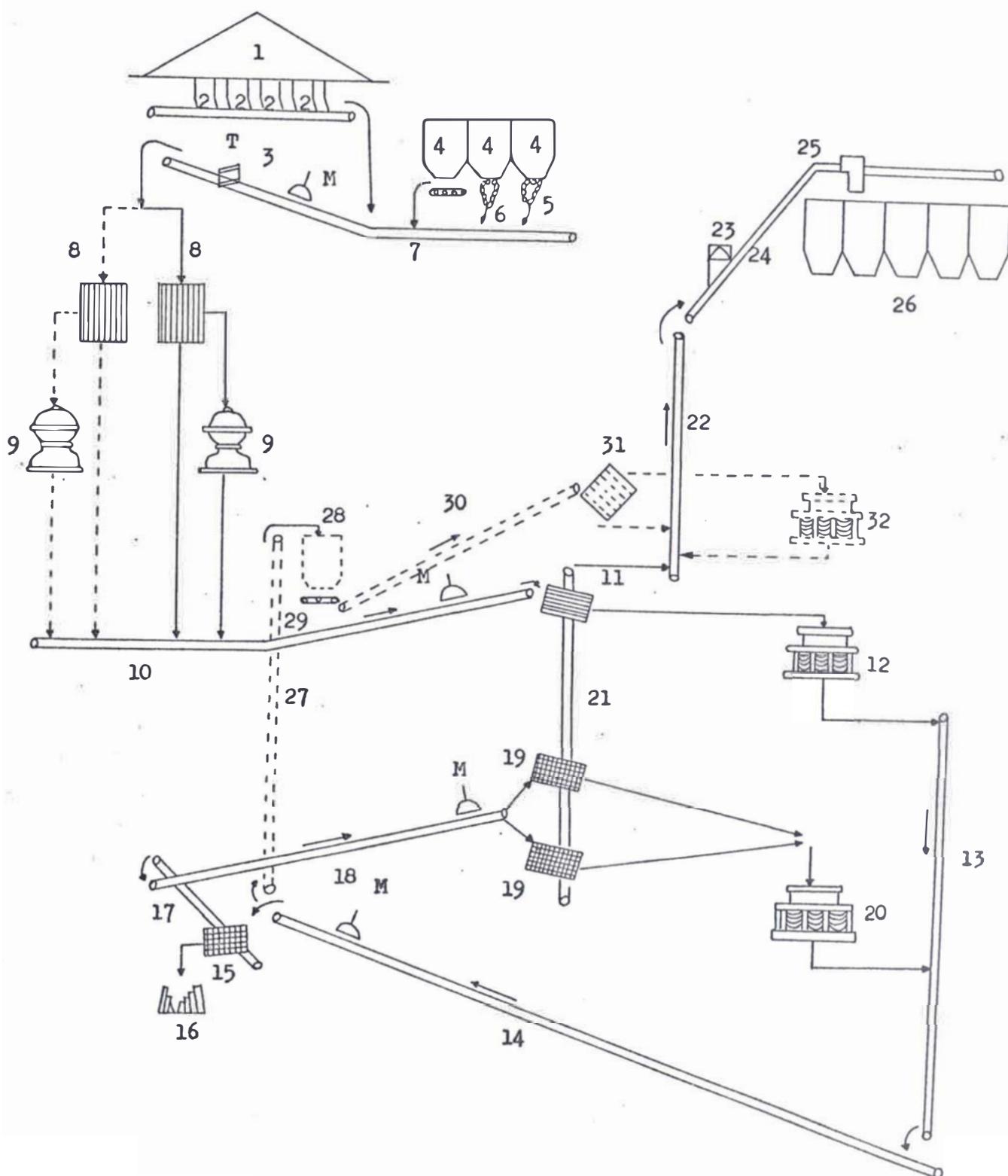


Figura Nro. 8

CONCENTRADORA PARAGSHA

CIRCUITO DE CHANCADO

DESCRIPCION

No.

- 1 4 Canchas de almacenamiento (Capacidad 4,500 Tons. c/u)
- 2 4 Alimentadores Vibratorios HEWITT ROBINS de 48" x 10"
- 3 1 Faja Transportadora de 42" x 374' (No. C-1)
- 4 3 Tolvas para mineral grueso de mina (Capacidad 500 Tons. c/u)
- 5 2 Alimentadores de cadena ROSS
- 6 1 Alimentador de Oruga de 48"
- 7 1 Faja Transportadora de 48" x 640' (No. 2)
- 8 2 Cedazos Estacionarios de 5' x 12' (4" de Luz)
- 9 2 Chancadoras Giratorias TRAYLOR BULLDOG DE 20"
- 10 1 Faja Transportadora de 36" x 482' (No. 4)
- 11 1 Cedazo Vibratorio de doble piso ALLIS CHALMERS de 6' x 12'
- 12 1 Chancadora SYMONS STANDARD de 7'
- 13 1 Faja Transportadora de 36" x 111' (No. 5)
- 14 1 Faja Transportadora de 36" x 306' (No. 6)
- 15 1 Cedazo Vibratorio SYMONS de 4' x 8' (para leña)
- 16 1 Cancha de desperdicio de leña
- 17 1 Faja Transportadora de 36" x 61' (No. 8)
- 18 1 Faja Transportadora de 36" x 265' (No. 9)
- 19 2 Cedazos Vibratorios de 6' x 16'
- 20 1 Chancadora SYMONS Cabeza Corta de 7'
- 21 1 Faja Transportadora de 36" x 115' (No. 11)
- 22 1 Faja Transportadora de 30" x 310' (No. 15)
- 23 1 Balanza MERRICK tipo "E"
- 24 1 Faja Transportadora de 30" x 960' (No. 16)
- 25 1 Tripper (distribuidor de carga)
- 26 5 Tolvas para mineral fino (Capacidad 1000 Tons. c/u)

Circuito Auxiliar

- 27 1 Faja Transportadora de 36" x 154' (No. 7)
- 28 1 Tolva de Compensación (Capacidad 100 Tons.)
- 29 1 Alimentador de Oruga de 36"
- 30 1 Faja Transportadora de 30" x 224' (No. 14)

- 31 1 Cedazo Vibratorio SYMONS de 4' x 8'
- 32 1 Chancadora SYMONS Cabeza Corta de 5.5'
- M 4 Electroimanes
- 'T 1 Detector de Metales

- Conductor TW calibre 14 AWG, para el motor del cross.
- Conductor TW calibre 14 AWG, para la conexión de control.
- Conductor TW calibre 16 AWG, para la conexión entre la bobina de los contactores.
- Para la botonera se usó cable flexible de 18 conductores No.12 AWG.
- Las líneas del trolley longitudinal son de cobre sólido desnudo calibre 3/0 AWG.
- Las líneas del trolley transversal son de cobre sólido desnudo calibre 10 AWG.

a) Teoría de funcionamiento.

Para disponer de tensión en nuestro sistema de control, debemos presionar el push-botton reset; de esta manera tenemos 110 V. entre los terminales 1 y 11,; la bobina MLC se energiza cerrando los dos contactores MLC.

La función del contactor MLC entre 2-3 es para que una vez dejado de presionar el reset, entre 1-11 siga habiendo tensión.

La función del contactor MLC entre 1-4 es desenergizar todo el circuito de control una vez que se ha presionado el stop; de no existir este contactor auxiliar, aunque se presione el stop, todo el circuito entre 4-11 seguiría con tensión.

Como se mencionó anteriormente, una vez que se ha presionado el reset, ya estamos en condiciones de poder realizar cualquiera de las tres operaciones siguientes: izaje de la pasteca, desplazamiento del trolley y desplazamiento del carro.

b) Izaje de la pasteca.

En la botonera viene especificado por HOIST y consta de dos push-bottons de dos tiempos cada uno.

b.1) Subida de la pasteca.

Para que la pasteca suba, es necesario presionar el push-botton up (HOIST en nuestro diagrama de control).

Al presionar superficialmente UP se energiza la bobina HC (entre 5-11), la cual cierra el contactor HC (entre 4-12), energizándose la bobina 11A y disponiéndose de una velocidad inicial para la subida de la pasteca.

Al presionar totalmente UP energizamos la bobina 12A disponiendo de una segunda velocidad. Al mismo tiempo se cierra el contactor 12A (entre 13-14), energizándose la bobina del relé de tiempo 2TR, la cual al cabo de 5 segundos, cierra el contactor 2 TR (entre 14-15), energizándose la bobina 13A, con lo cual conseguimos una tercera velocidad, que por disposición de las resistencias viene a ser la mayor.

En ambos casos, es decir, presionando superficialmente o hasta el final, al dejar de presionar UP, la pasteca se detiene, ya que las bobinas se desenergizan.

b.2) Bajada de la pasteca.

Para esta operación se presiona el push-botton DOWN (LOWER en nuestro diagrama de control). Al presionar superficialmente se energiza la bobina LC, la cual cierra el contactor LC(entre 4-12), energizándose la bobina 11A y disponiéndose de una primera velocidad para la bajada de la pasteca.

Al presionar totalmente DOWN se energiza la bobina 12A, obteniéndose una segunda velocidad, mayor que la inicial.

La bobina 12A cierra instantáneamente el contactor 12A haciendo actuar el relé 2 TR y disponiéndose de una tercera velocidad en forma idéntica a la que se explicó para la subida.

c) Desplazamiento del trolley.

En la botonera viene especificado como TROLLEY y también consta de dos push-bótons de dos tiempos cada uno.

c.1) Desplazamiento hacia adelante.

Para que el trolley se desplace hacia adelante se presiona el push-botton FORWARD. Al presionar superficialmente se energiza la bobina FC, la cual cierra el contactor FC (entre 4-17), energizándose la bobina 21A, disponiéndose de una primera velocidad.

Si se quiere una mayor velocidad de desplazamiento del trolley, se presiona totalmente el FORWARD; de esta manera se cierra el circuito entre 4-7-16-11, energizándose la bobina 22 A y obteniéndose la mayor velocidad. Para parar el trolley, se deja de presionar el FORWARD.

c.2) Desplazamiento hacia atrás.

Para retroceder el trolley se presiona el push-botton REVERSE. Al presionarlo superficialmente se energiza la bobina RC, la cual cierra el contactor RC (entre 4-17), energizándose la bobina 21A y disponiendo de una primera velocidad.

Al presionar totalmente REVERSE, se cierra el circuito 4-8-16-11, energizándose la bobina 22A, con lo cual se dispone de una mayor velocidad.

d) Desplazamiento del carro.

En la botonera viene especificado como BRIDGE, y también presenta dos push-bottons de dos tiempos cada uno.

d.1) Desplazamiento hacia la derecha.

Presionando el push-botton FORWARD (IN en nuestro diagrama de control) el carro se desplaza hacia la derecha. Al presionar FORWARD en forma superficial, tendremos una velocidad inicial, un poco lenta; se cierra el circuito 4-9-11 energizándose la bobina IC, la cual acciona el contactor IC (entre 4-19), energizándose la bobina 31A, disponiéndose de la velocidad inicial.

Si se presiona totalmente el FORWARD, se cierra el circuito entre 4-9-18-11, energizándose la bobina 32A, con la cual se dispone de una mayor velocidad.

d.2) Desplazamiento hacia la izquierda.

Para desplazar el carro hacia la izquierda, se presiona el push-botton REVERSE (OUT en nuestro diagrama de control).

Al presionar superficialmente, se cierra el circuito entre 4-10-11, energizándose la bobina OC, la cual cierra el contactor OC (entre 4-19), energizándose la bobina 31A, con lo cual se tiene la primera velocidad de desplazamiento del carro.

Si se presiona totalmente el REVERSE, cerramos el circuito 4-10-18-11, con lo cual se energiza la bobina 32A, disponiéndose de una segunda y mayor velocidad.

e) Capacidad de la grúa puente.

La capacidad de izaje de la grúa es de 15 toneladas.

f) Valores de las resistencias.

f.1) Banco de resistencias del izaje.

En el diagrama de resistencias que se muestra en la siguiente página, observamos claramente la disposición de las mismas para tres tipos de velocidad: lenta, media y alta, a diferencia de los otros bancos que poseen dos velocidades.

En el arranque: Contactor 11A

1E	1F	1D	
:	:	:	R = 11 ohmios / fase
1D1	1E1	1F1	

Luego: Contactor 12 A

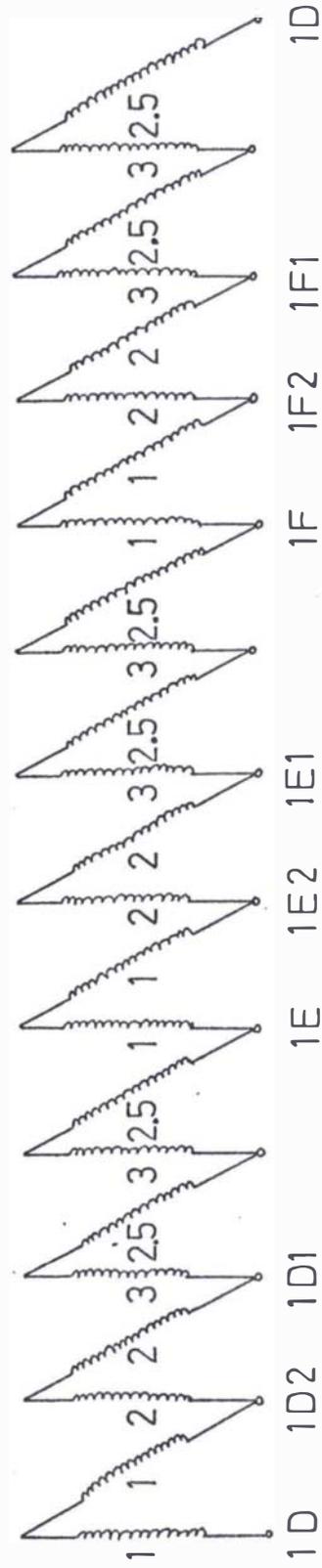
1D1	1E1	1F1	
:	:	:	R = 4 ohmios / fase
1D2	1E2	1F2	

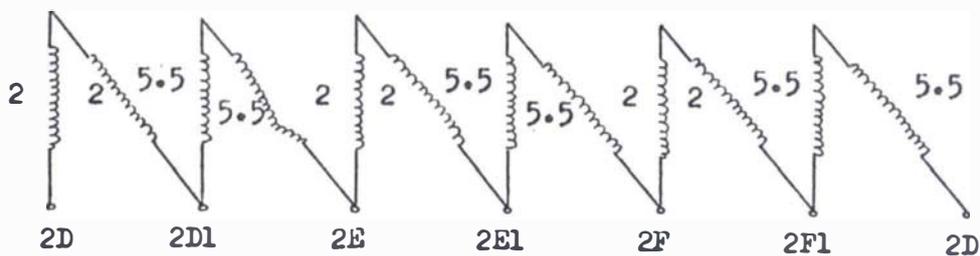
Finalmente: Contactor 13A

1D2	1E2	1F2	
:	:	:	R = 2 ohmios / fase
1D	1E	1F	

f.2) Banco de resistencias del Trolley.

Banco de resistencias del izaje





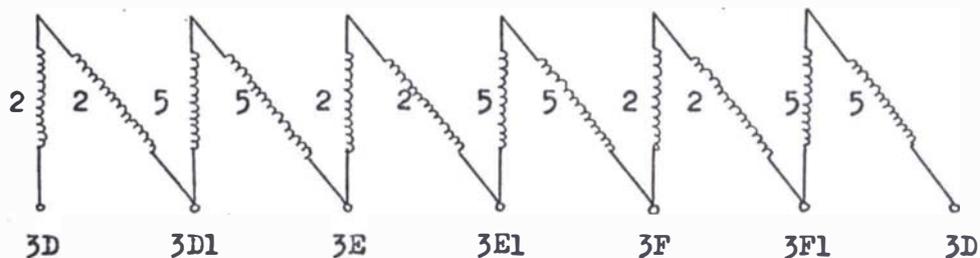
En el arranque: Contactor 21A



Finalmente: Contactor 22A



f.3) Banco Resistencias del Carro.



En el arranque: Contactor 31A



Finalmente: Contactor 32A



3.11 - Cálculo de iluminación y tomacorrientes de la planta.

En las plantas industriales, en nuestro caso la chancadora primaria de minerales, la iluminación artificial proyectada de un modo racional da la posibilidad de facilitar las condiciones de trabajo, reduciendo los accidentes de traumatismo, caídas, etc. y aumentando el rendimiento y la calidad de la producción.

La calidad de las fuentes de luz y el alumbrado creado por ellas se distingue en la luminotecnia por las magnitudes fotométricas especiales, que comprenden: flujo luminoso, intensidad luminosa, iluminación y luminancia.

Para nuestro proyecto emplearemos dos tipos de lámparas:

- Lámparas fluorescentes: emplearemos este tipo de equipo para la iluminación interior, como planta de chancado, fajas transportadoras de minerales, sub-estación, escaleras, etc.

Estos tipos de lámparas son tubulares, con las características siguientes:

En comparación con las lámparas de incandescencia, las fluorescentes tienen varias ventajas: luminancia menor, transmisión más correcta del color, rendimiento luminoso 3 - 4 veces mayor, rendimiento energético 1.5 - 2 veces más alto y duración de servicio casi cinco veces mayor.

Sin embargo, las lámparas fluorescentes tienen también una serie de inconvenientes: requieren para la conexión a la red aparatos especiales de arranque y regulación, que son costosos y en los que se pierde de un 20 - 30% de energía; son muy sensibles a las variaciones de tem

peratura del ambiente y arden con mayor brillo a la temperatura de 20° a 25°C, mientras que bajo cero tienen la ejecución corriente, es decir, no se encienden.

Al alimentarlas por la corriente alterna, se observa el efecto estroboscópico consistente en que los objetos que se mueven con velocidad determinada, parecen inmóviles o tienen un movimiento con poca velocidad en el sentido contrario; son sensibles a las fluctuaciones de la tensión de la red, y si ésta disminuye en 10 - 15%, es posible que la lámpara no encienda.

. Lámparas de arco de vapor de mercurio.

Emplearemos este tipo de equipo para: iluminación interior de la planta de trituración de minerales e iluminación exterior de la chancadora primaria.

Las lámparas de arco de vapor de mercurio son las fuentes luminosas de descarga de alta presión y se fabrican provistas de dos electrodos con una potencia de 250 a 1000 watts, y de cuatro electrodos con una potencia de 80 a 1000 watts.

Es conveniente emplear este tipo de lámparas para el alumbrado de naves principales, en nuestro caso la planta de trituración, que tiene una altura mayor a 10m.

La lámpara provista de dos electrodos no es más que un tubo de cuarzo, de paredes gruesas, lleno de vapor de mercurio, bajo una presión de 5 - 10 atmósferas. El tubo está incorporado en la ampolla exterior hecha de vidrio y revestida interiormente con una capa de luminófero que mejora la cromaticidad de radiación de la lámpara.

Las lámparas de cuatro electrodos tienen dos electrodos adicionales que facilitan el encendido de las mismas; las lámparas se conectan a la red desprovistas de un dispositivo de encendido especial.

Cálculo de iluminación:

El cálculo del alumbrado consiste en determinar la potencia y cantidad de lámparas necesarias para asegurar la iluminación normada E (lux) en los lugares de trabajo.

Para el cálculo de la iluminación es necesario elegir el sistema y tipo de iluminación, el tipo de artefacto y el procedimiento de su disposición. Como punto de partida para nuestro cálculo utilizamos los planos y cortes de los locales con disposición y característica del equipo, así como los datos de la fuente de alimentación eléctrica.

La disposición racional de los artefactos de alumbrado general depende de la altura h , de su suspensión y de la distancia entre ellos: siempre que disminuya la altura de suspensión h , aumenta la iluminación media del local, pero puede aumentar la no uniformidad de alumbrado y la acción cegadora de los manantiales luminosos.

a) Iluminación interior:

Para nuestro cálculo de iluminación interior emplearemos el método de factor de utilización del flujo luminoso, consistente en:

Primeramente, tomamos todos los datos para el diseño de la iluminación como: recinto, dimensiones del recinto (largo L , ancho A , altura h), reflexión del techo y pared y, finalmente, el nivel de ilumi-

nación E_t (lux) teórico (ver tabla 11).

Seguidamente presentamos los resultados de los cálculos como: recinto, relación de local R_L , índice de local I, factor de utilización f_u , factor de conservación f_c , factor de depreciación del fabricante f_d , tipo de artefacto, número de artefactos N y, finalmente, el nivel de iluminación E_r (lux) real (ver tabla 12).

Para el presente cálculo de iluminación interior empleamos las siguientes fórmulas:

Relación de local:

$$R_L = K \frac{L \cdot A}{h (L + A)}, \text{ en la que}$$

K es el factor que depende del sistema de iluminación. Para nuestro caso vale 1, por ser directo.

L es la longitud del recinto en mts.

A es el ancho del recinto en mts.

h es la altura sobre la superficie de trabajo en mts.

La superficie de trabajo para nuestros cálculos será de 0.80 mt.

Número de artefactos:

$$N = \frac{E_t \cdot S}{f_u \cdot f_c \cdot f_d \cdot \phi_a}, \text{ en la que}$$

E_t es el nivel de iluminación teórico en Lux.

S es el área del recinto en m^2 .

f_u es el factor de utilización.

f_d es el factor de depreciación.

f_c es el factor de conservación.

ϕ_a es el flujo luminoso por artefacto en lumen.

Como el resultado del cálculo del número de artefactos es un número entero, determinamos el nivel de iluminación real del recinto E_r (lux), aplicando la fórmula anterior despejando E_r , en la siguiente forma:

$$E_r = \frac{N \cdot f_u \cdot f_c \cdot f_d \cdot \phi_a}{S}$$

En el plano IE - 10 mostramos los artefactos de iluminación interior de la chancadora primaria.

Nota:

Todos los artefactos calculados se han dispuesto de acuerdo a la arquitectura de la planta.

Las tuberías Conduit para el sistema de iluminación han sido fijadas al concreto por medio de tacos de acero (tornillos de fijación).

b) Iluminación exterior.

Cabe mencionar la importancia de iluminar la zona exterior, principalmente la zona cercana a la tolva de almacenamiento de mineral, ya que allí es depositado por los camiones Lectra - Heaul de 120 toneladas de capacidad de transporte; por ello es importante darle una buena iluminación para evitar cualquier tipo de accidente, ya que el terreno donde se encuentra la chancadora está en el tajo y es muy irregular.

Emplearemos el "método de puntos", el cual se emplea cuando se requiere determinar la iluminación en el punto prefijado del plano horizontal, vertical o inclinado que se ilumina; se aplica para los cálculos del alumbrado localizado. En este método se admite que la luz reflejada no influya sensiblemente en la iluminación.

Para nuestro cálculo emplearemos las "Curvas Isolux" que son las líneas que unen los puntos de igual iluminación.

Las curvas Isolux se construyen para los artefactos de cada tipo, tomando la lámpara convencional con flujo luminoso 1000 lúmenes.

Para nuestro cálculo, en la figura 9 están representadas las curvas especiales Isolux para determinar la iluminación horizontal para el tipo de artefacto a instalarse en poste.

El nivel de iluminación requerido es de 3.5 lux, de acuerdo con C.E.P.; la altura de montaje es de 8 mts. y la distancia entre postes es de 30 mts.

De la curva Isolux (para 1000 lúmenes de flujo luminoso; altura de

montaje: 10 mts.; inclinación: 20° ; enfoque: posición media), encontramos el valor de 0.1 para el nivel de iluminación.

Dado que la altura de montaje es de 8 mts. y no de 10 mts., como se muestra en las curvas Isolux, aplicamos el coeficiente multiplicador de 1.56 (tabla 13).

Por lo tanto, el nivel de iluminación producido por un artefacto de 1000 lúmenes es de: $1.56 \times 0.1 = 0.156 \text{ Lux}$,

Ahora determinamos la cantidad de lúmenes y la potencia luminosa de la lámpara necesaria.

$$\text{Flujo luminoso} = 1000 \times \frac{3.5}{0.156}$$

$$\phi = 22,436 \text{ lúmenes}$$

En la tabla 14 se muestran diversos tipos de lámparas en las que se puede apreciar que la más recomendable para nuestro proyecto es la lámpara de vapor de mercurio de 400 W., 23,000 lúmenes.

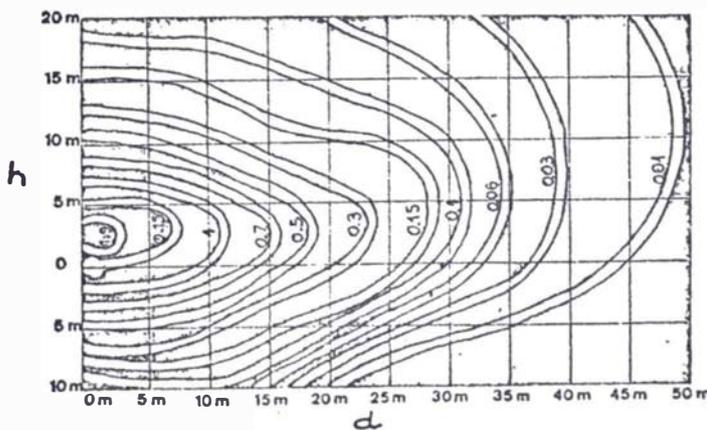


Figura Nro. 9

Para otras alturas de montaje, aplicar los siguientes coeficientes multiplicadores:

TABLA Nro. 13

7 m	8 m	9 m	10 m	11 m	12 m	13 m	14 m	
2.04	1.56	1.24	1.00	0.83	0.69	0.60	0.51	Iluminación
0.70	0.80	0.90	1.00	1.10	1.20	1.30	1.40	Escala

c) Diagrama unifilar del sistema de iluminación.

- Interruptor termomagnético del TRAFD de 25 KVA. en 440 V.

Dado que la potencia del transformador es de 25 KVA., 3 ϕ , 440/220-110 V., calculamos la corriente nominal:

$$I_n = \frac{25}{\sqrt{3} \times 0.44}$$

$$I_n = 32.8 \text{ A.}$$

$$I_d = 1.25 \times I_n$$

$$I_d = 41 \text{ A.}$$

Por lo tanto empleamos un interruptor de 3 x 70 A. para el I - 1.

- Tablero de alumbrado interior (TAI) 220 V.

TABLA Nro. 14

FLUJOS LUMINOSOS NOMINALES

Lámparas de vapor de mercurio		
W	Lumens	Multiplicar los valores de las curvas por:
80	3,800	3.8
125	6,300	6.3
250	13,500	13.5
400	23,000	23.0

Lámparas de luz mixta		
W	Lumens	Multiplicar los valores de las curvas por:
160	3,100	3.1
250	5,600	5.6
500	14,000	14.0

(CONT.)

Lámparas de sodio alta presión T		
W	Lumens	Multiplicar los valores de las curvas por:
250	20,000	20.0
400	40,000	40.0

Lámparas de halogenuros metálicos		
W	Lumens	Multiplicar los valores de las curvas por:
250	18,000	18.0
400	26,000	26.0

Lámparas de sodio baja presión		
W	Lumens	Multiplicar los valores de las curvas por:
35	4,600	4.6
55	7,600	7.6
90	12,500	12.5

Aplicaremos el método de los vatios/m². De acuerdo a tablas, para una planta trituradora de minerales se consideran 18 w/m² (trabajo rudo).

El área total de toda la chancadora (incluyendo fajas transportadoras, estaciones motrices y de transferencia) es de 1130 m².

Por lo que la máxima demanda es:

$$MD = 18 \text{ w/m}^2 \times 1130 \text{ m}^2$$

$$MD = 20.34 \text{ KVA.}$$

La corriente nominal es:

$$I_n = \frac{20.34}{\sqrt{3} \times 0.22}$$

$$I_n = 53.38 \text{ A.}$$

$$I_d = 1.25 \times I_n$$

$$I_d = 66.7 \text{ A.}$$

Por lo que escogemos del catálogo 3 x 100 A., tanto para I-3, como para I-5.

- Iluminación exterior.

En total tenemos una demanda máxima de 3.92 Kw., ya que el factor de demanda es la unidad.

$$I_n = \frac{3.92}{0.22 \times 0.8}$$

$$I_n = 22.27 \text{ A.}$$

$$I_d = 1.25 \times I_n$$

$$I_d = 27.8 \text{ A.}$$

Por lo que escogemos del catálogo 2 x 50 A., para el interruptor I-2.

- Circuito de alimentación a consola de mando 110 V.

De acuerdo con la demanda producida por la consola de mando, tomamos de los catálogos 2 x 30 A. para el interruptor I - 4.

En el plano IE - 10: "Instalaciones eléctricas de iluminación y tomacorrientes de la planta trituradora de minerales", se muestra el diagrama unifilar calculado.

En el plano IE - 11: "Instalaciones eléctricas de iluminación interior de las fajas transportadoras, estaciones motrices, transferencia y exterior de la chancadora", se muestran todos los detalles de iluminación interior y exterior calculados.

3.12 - Selección de Pararrayos.

Para la selección de los pararrayos podemos tener en cuenta diversos criterios.

a) Selección de los pararrayos según la tensión nominal.

La tensión nominal es la tensión que puede aplicarse permanentemente a los bornes del pararrayos. La tensión de la red, en el lugar de la instalación del pararrayos, debe ser inferior a la tensión nominal.

Los pararrayos se conectan entre los conductores de fase y tierra. En este caso, la tensión fase a tierra determina la solicitación del pararrayos a la frecuencia de servicio. Esta tensión se calcula multiplicando la tensión máxima de servicio de la red por el coeficiente de puesta a tierra.

Los cálculos para nuestro proyecto son:

Tensión máxima de servicio: 3.6 KV.

Coficiente de puesta a tierra: 0.8

Tensión nominal del pararrayos: $0.8 \times 3.6 = 2.88$ KV.

Luego, buscamos el pararrayos con la tensión nominal superior más próxima a 2.88 KV., es decir, 3 KV.

b) Selección de los pararrayos según el nivel de aislamiento de la instalación.

En la mayoría de los casos, el nivel de protección de un pararrayos elegido según la tensión nominal, se encuentra considerablemente por

debajo del valor necesario para la protección de una instalación.

Cabe entonces la posibilidad de prever pararrayos con una tensión nominal más elevada, para lograr una mayor reserva para los casos de servicios excepcionales.

Para el cálculo de la tensión nominal se parte del nivel de aislamiento de la instalación.

Con el fin de que el equipo eléctrico esté perfectamente protegido, el nivel de protección debe ser elegido en aproximadamente un 20 - 30 % por debajo del nivel de aislamiento de la instalación. Con el nivel de protección quedan determinadas la tensión de cebado al impulso de 100 % y la tensión residual.

Los cálculos para nuestro proyecto son:

Tensión máxima de servicio : 3.6 KV.

Nivel de aislamiento: 20 KV. pico

Nivel de protección: $0.7 \times 20 = 14$ KV. pico

Luego encontramos en el catálogo que la tensión nominal del pararrayos requerido deberá ser 10 KV.

c) Distancia de protección de los pararrayos.

El efecto de la protección del pararrayos está limitado en el espacio y puede determinarse esta extensión mediante la fórmula:

$$L = \frac{v (N_a - N_p)}{2 S}, \text{ en la que:}$$

N_a es la tensión de impulso del aparato a proteger (KV. pico)

N_p es el nivel de protección del pararrayos.

v es la velocidad de propagación de las ondas (m / μ s)

$$v_{\text{línea}} = 300 \text{ m / } \mu \text{ s}$$

$$v_{\text{cable}} = 150 \text{ m / } \mu \text{ s}$$

S es la pendiente de frente de onda de llegada

- Línea no protegida $S = \text{máx. } 1000 \text{ KV / } \mu \text{ s}$

- Línea protegida por

cable de guarda $S = \text{máx. } 500 \text{ KV / } \mu \text{ s}$

La distancia de protección aumenta con la diferencia entre el nivel de aislamiento y el nivel de protección del pararrayos.

Por esta razón, a menudo se utiliza el nivel de protección bajo de los pararrayos modernos, más bien para aumentar la distancia de protección que para reducir el nivel de aislamiento.

Tomando los valores encontrados:

$$N_a = 20 \text{ KV. pico y } N_p = 14 \text{ KV. pico ,}$$

ya que nuestra instalación es por medio de cable subterráneo, aplicamos la fórmula anterior:

$$L = \frac{150 (20 - 14)}{2 \times 500} = 0.90 \text{ mt.}$$

IV

ESPECIFICACIONES TECNICAS

4.1 - Especificaciones técnicas del alimentador de la S.E. Chancadora primaria del tajo.

4.1.1 - Especificaciones técnicas del interruptor de potencia.

El interruptor "T" necesita un mantenimiento mínimo normal a intervalos de cinco años, o bien cada 10,000 maniobras mecánicas.

Es adecuado para la maniobra de condensadores; incluso, maniobrando corrientes inductivas pequeñas, no se presentan sobretensiones. En situaciones especiales, dependiendo de la magnitud de la corriente cortada, será preciso una revisión tras un número determinado de maniobras.

Según el tipo de accionamiento, puede llegar a alcanzar hasta 100,000 maniobras; debido a que la distancia de extinción es muy corta, se reduce ostensiblemente el quemado de los contactos. Estos, así como las piezas internas de la cámara de extinción, pueden desmontarse fácilmente con muy pocas operaciones, sin precisar herramientas especiales.

El interruptor se ensaya según normas VDE, y entre otras pruebas, es sometido a la secuencia de conexión.

0 - t - ∞ - t - ∞ con la potencia de corte nominal.

0 Desconexión

C Conexión

OO Conexión seguida de desconexión en el menor tiempo de conexión/
desconexión del interruptor.

t Pausa aproximada de 3 minutos.

Sincronización:

Los tiempos de conexión del interruptor "T" (accionamiento U,K) son tan cortos que en el momento de producirse ésta, todavía existe sincronismo entre las redes a unir en paralelo.

Comutación rápida:

Se trata de la conmutación de diversas cargas a otra alimentación (transferencias automáticas o semiautomáticas). El interruptor "T", (accionamiento U,K) dispone para ello de tiempos de conexión y desconexión extremadamente cortos.

Reenganche:

En los procesos usuales de reenganche que normalmente se realizan en las líneas aéreas, para la eliminación de contactos a tierra temporales causados por tormentas, ramas de árboles, etc., el interruptor "T", con accionamiento K, incluso bajo los efectos de cortocircuitos francos, debido a su corto tiempo de pausa sin tensión entre maniobras de conexión y desconexión, no produce ninguna clase de perturbación que pudiera afectar a las instalaciones.

Si después de realizada la maniobra de reenganche persiste la falla, se debe producir la desconexión definitiva.

Un interruptor adecuado para reenganche debe soportar y cumplir, según VDE 0670, con la secuencia de maniobras $0 - t_u - \infty - t - \infty$.

Aunque para un reenganche sin éxito sólo es necesario cumplir con los movimientos $0 - t_u - \infty$.

t_u es el menor tiempo muerto del interruptor.

Desconexión de intensidades de cortocircuito con frecuencia de estabilización muy alta de la tensión de retorno:

Al abrir con corrientes de cortocircuito cuyo lugar de origen o fallo se encuentre inmediatamente detrás de transformadores, generadores o reactancias limitadoras, pueden presentarse, por un lado, la intensidad de cortocircuito pleno, y por otro, tensiones de retorno con una frecuencia de reposición mucho más elevada que lo permitido e indicado en las normas del VDE 0670, llegando incluso a sobrepasar los 100 KHZ al desconectar cortocircuitos detrás de una reactancia de límite.

Estas condiciones son dominadas también por el interruptor "T" sin problemas.

Maniobra de líneas aéreas y cables:

El interruptor "T" desconecta líneas aéreas trabajando en vacío y cables (corrientes capacitivas relativamente pequeñas), sin que se produzcan reencendidos y, por tanto, sobretensiones.

Prescripciones y normas:

El interruptor "T" cumple con las recomendaciones de la CEI publicación 56, y las prescripciones alemanas VDE 0670, americanas ANSI C37

y las francesas VPE C64.

Pruebas:

Para el desarrollo de estos aparatos de maniobra de potencia y para las pruebas de prototipos según las normas vigentes, se emplean modernas salas de investigación con gran potencia eléctrica instalada, así como salas de ensayos para las pruebas de funcionamiento mecánico y fiabilidad de componentes.

También se han utilizado salas climáticas para la formación de las diversas condiciones meteorológicas (temperatura, humedad), a las que se han sometido los aparatos.

Para conseguir resultados seguros, se han realizado un gran número de ensayos y pruebas correspondientes a todas las pruebas de prototipos de acuerdo con las normas VDE 0670.

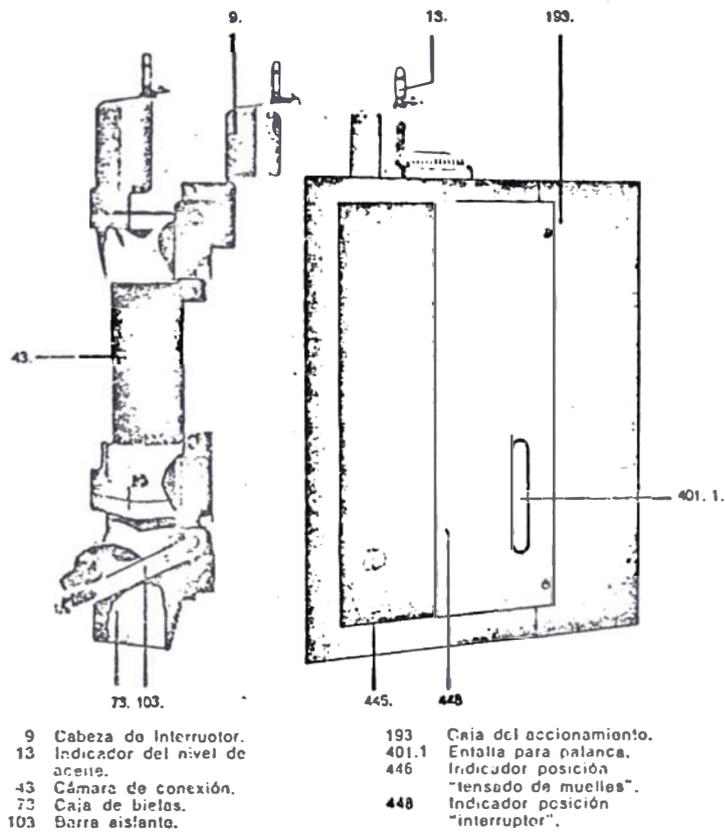
Las pruebas que se realizan son:

- Capacidad de maniobra
- Capacidad de carga
- Nivel de aislamiento

En las figuras 10 y 11 se muestran: en la primera, las partes exteriores del interruptor y en la segunda, las partes interiores del mismo.

El polo del interruptor y la extinción del arco:

En el interior del polo se encuentran la varilla de contacto, con los



Interruptor "T", 6 kV, 250 MVA, accionamiento grupo 4.

6

Figura Nro. 10

contactos móvil y fijo; la cámara de extinción y el medio extintor para apagar el arco producido en la desconexión. La corriente discurre a lo largo del interruptor por el siguiente camino y piezas (fig. 11).

- Superficie superior de conexión (19)
- Piezas de contacto fijas (31)
- Varilla de contacto móvil (49)
- Rodillos conductores (61)
- Varilla guía (63)
- Superficie inferior de conexión (67 ó 91)

Al desconectar la varilla de contacto, alcanza una velocidad de 3 a 5 m/seg., según el tipo de interruptor. Al final de la carrera, un amortiguador (95) frena el golpe, evitando que se puedan producir daños.

Para el corte e extinción de arcos en corriente alterna, se aprovecha el paso natural de la corriente por cero, siendo principalmente la misión del medio extintor, desionizar la zona de ruptura y reponer rápidamente la resistencia dieléctrica en el camino de la corriente, todo ello con el fin de evitar reencendidos después de una desconexión bajo corrientes capacitivas.

Por otra parte, la extinción del arco no debe ser tan crítica que, al abrir bajo corrientes inductivas se produzcan sobretensiones por corte de la corriente, poco antes de su paso por cero. Además, se debe

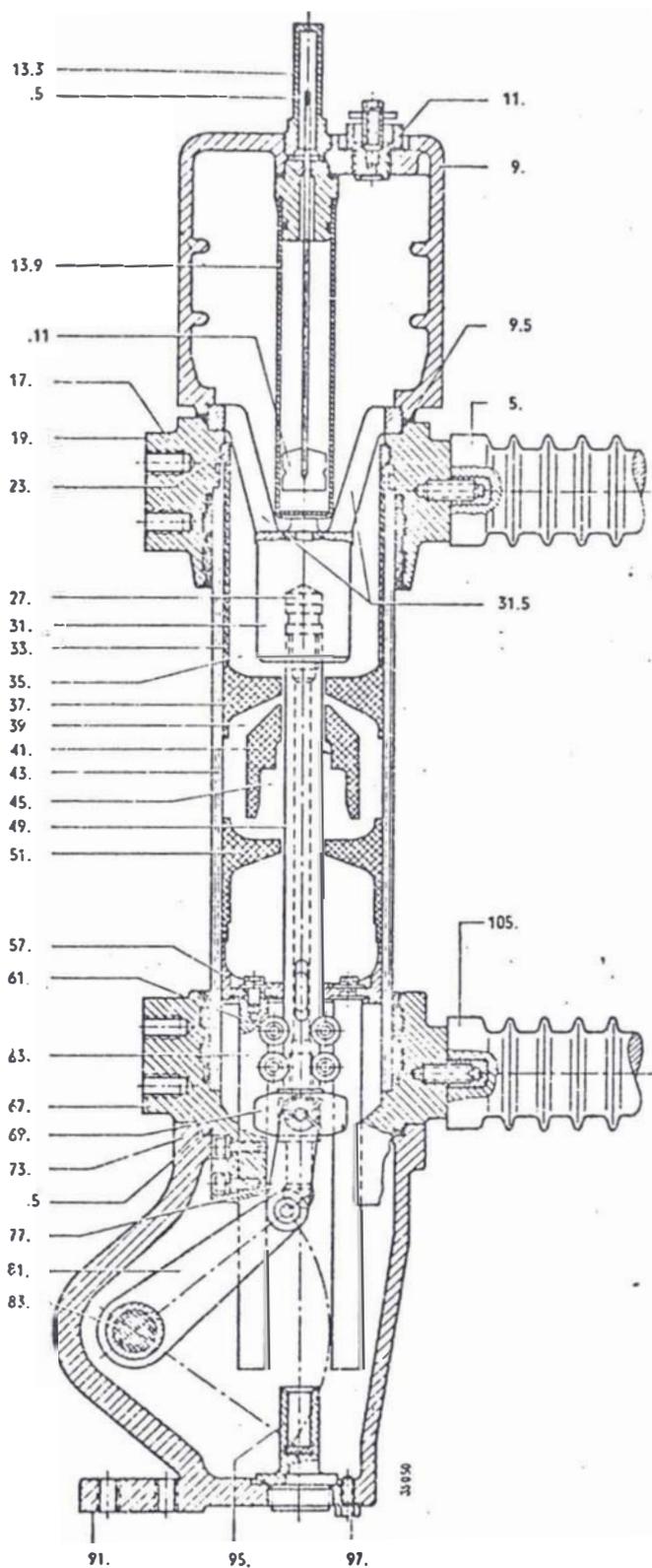


Figura Nro. 11

- 5. Aislador soporte superior de aletas.
- 9. Cabeza del interruptor.
- .5 Junta.
- 11. Válvula de escape y llenado de aceite.
- 13.3 Nivel de aceite.
- .5 Indicador de nivel.
- .9 Tubo-guía.
- .11 Flotador.
- 17. Brida superior de la cámara.
- 19. Superficie superior de conexión.
- 23. Aro de presión.
- 27. Cabeza de la varilla de contacto.
- 31. Pieza de contacto fija.
- .5 Soporte de la pieza de contacto.
- 33. Tubo aislante.
- 35. Cámara superior.
- 37. Tapa de la cámara.
- 39. Canal anular.
- 41. Cámara reserva de aceite.
- 43. Tubo aislante.
- 45. Cámara inferior.
- 49. Varilla de contacto móvil.
- 51. Placa de reflexión.
- 57. Placa guía.
- 61. Rodillos conductores.
- 63. Varilla guía.
- 67. Brida inferior de la cámara (con superficie inferior de conexión)
- 69. Cruceta.
- 73. Cámara de manivela.
- .5 Junta.
- 77. Blade.
- 81. Manivela.
- 83. Eje.
- 91. Superficie inferior de conexión.
- 95. Amortiguador de choque.
- 97. Tornillo para purga de aceite.
- 105. Aislador soporte inferior de aletas.

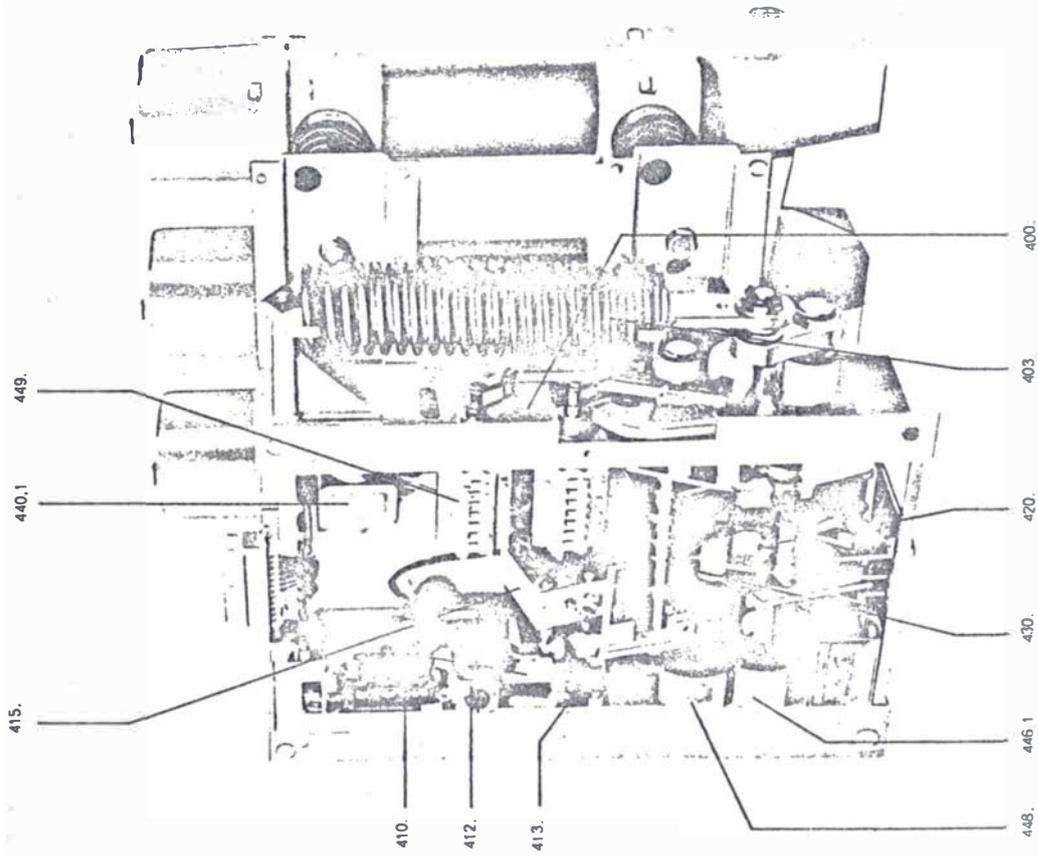


Figura Nro. 12

- 400. Caja de accionamiento.
- 403. Muelle de conexión.
- 410. Bloque de accionamiento.
- 412. Bobina de conexión.
- 413. Pulsador "Desconexión".
- 415. Disparador secundario.
- 420. Muelle de tensado.
- 430. Eje del interruptor.
- 440.1 Accionam. motorizado.
- 446.1 Indicador de tensado.
- 448. Indicador de posición.
- 449. Interruptor auxiliar.

Figura 10

Caja de accionamiento abierta de un interruptor "T", serie 10N, accionam. por acumulación de energía EK, grupo 4.

conseguir que las solicitaciones a las que se ven sometidas las cámaras sean las mínimas posibles y prolongar al máximo la duración de los contactos, para lo cual es necesario que, en la extinción del arco, se limite a sus valores mínimos, tanto la energía del mismo como su potencia.

Hay que tener en cuenta que una refrigeración intensa y un alargamiento artificial del arco, produce un aumento de su potencia.

El flujo de aceite que depende de la intensidad de la corriente es decisivamente importante en la extinción de los arcos producidos por cortocircuitos.

Accionamiento motorizado:

Los motores universales empleados en los interruptores "T" (tanto para corriente continua como alterna), pueden ser sobrecargados por poco tiempo durante su servicio normal (ver figura Nro. 12).

El grupo de accionamiento es 4

La energía de accionamiento es eléctrica E

La posibilidad de maniobra es con reenganche y conmutación rápida/sincronización K

Tal como se verá en las tablas de datos técnicos que se adjuntan a estas especificaciones técnicas.

Los datos técnicos del motor de accionamiento son:

- Tensión nominal de accionamiento 220 V., 50 HZ.
- Tensión de servicio máximo 242 V.

- Tensión de servicio mínimo	187 V.
- Consumo de potencia	510 W.
- Consumo de intensidad	2.3 A.

Protección del motor de accionamiento mediante interruptor de 2 A.

Disparador secundario o relé:

La misión del disparador secundario es amplificar la señal de disparo que le llega de forma eléctrica, y transmitirla al desenclavamiento de apertura, produciéndose de esta manera, el disparo del interruptor.

Los disparadores secundarios por corriente de transformador se emplean para disparo automático de interruptores en caso de cortocircuito o sobrecarga, y para el disparo voluntario actuando mecánicamente sobre el dispositivo correspondiente.

Para la alimentación de estos disparadores se precisan transformadores de intensidad que deben estar instalados en el circuito que se va a proteger.

Si adicionalmente se desea realizar el disparo voluntario por impulso eléctrico, se precisará además, un disparador por corriente de trabajo.

El relé secundario o disparador se acciona por corriente alterna, 60 HZ con una intensidad nominal de 0.5 A.

Los límites de tensión e intensidad en los cuales actúa el relé secundario son:

Corriente alterna 60 HZ.

Corriente continua

75 a 110 % U_n

75 a 110 % U_n

Además debemos tener en cuenta que para seguridad de funcionamiento debe montarse siempre un disparador por corriente de trabajo o uno de corriente de transformador tal como el que indicamos.

Disparador primario • relé de sobreintensidad directo:

Datos técnicos y eléctricos del relé primario a 60 HZ.

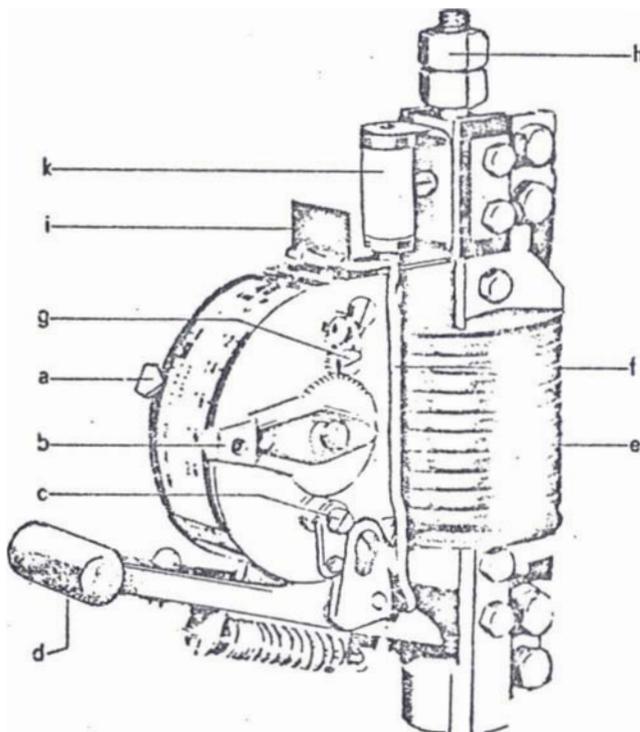
- Intensidad de respuesta ajuste	1.2 a 2 I_n
- Desviación en % del valor respuesta	$\pm 2\%$
- Intensidad de retorno	aprox. 93 %
- Intensidad permanente	
con $I_n \leq 50$ A.	máx. 1.5 I_n
con $I_n > 50$ A.	máx. 1.7 I_n

Resistencia en cortocircuito

- Intensidad térmica 1 seg. (1)	125 I_n (30 A)
	150 I_n (> 30 A)

(1) Para otros tiempos puede calcularse la intensidad térmica aplicando la fórmula:

$$I = \frac{I_t}{\sqrt{t}}$$



Disparador primario.

- a) Indicador para ajuste del tiempo.
- b) indicador para ajuste de la int. de respuesta.
- c) Palanca con escala para ajuste de la intensidad de cortocircuito.
- d) Falanca de disparo.
- e) Bobina.
- f) Varilla para indicador.
- g) Equipo de ajuste de pruebas para indicadores a y b.
- h) Conexiones para acometidas.
- i) Indicador de posición.
- k) Resistencia de protección.

Figura Nro. 13

- Intensidad dinámica (choque)	500 I _n (2)
(2) Máximo, 100,000 A.	
- Disparo rápido en cortocircuito	3 a 6 I _n y ∞
Ajustable entre	± 10 %
- Tiempo de funcionamiento	
Ajustable entre	0.3 a 6 seg.
Variación en la temporización	± 0.1 seg.
Características	Independiente de la intensidad

Disparo temporizado combinado:

En el disparo, la intensidad de respuesta, el tiempo de disparo y la intensidad de reacción en cortocircuito se ajustan independientemente.

Si la intensidad sobrepasa el valor indicado por la escala de cortocircuito (c de la fig. 13), entre 3 y 6 I_n, se produce el disparo inmediato, independientemente del tiempo de reacción ajustado en la escala de tiempos.

Bloqueo eléctrico de la conexión:

El bloqueo de la conexión consiste en un sistema electromagnético, alimentado con corriente continua o alterna, para enclavamiento de los elementos de maniobra que dependen de la tensión. Este sistema permite la maniobra del interruptor "T", cuando la tensión es mayor o igual al 85 % de la nominal y la impide o bloquea cuando la tensión es

menor o igual al 80 % de la nominal.

En el interruptor, el bloqueo de la conexión actúa mecánicamente so
bre la bobina de conexión o sobre el pulsador de conexión respective
mente.

El consumo de la bobina de bloqueo es:

25 W con corriente continua

25 VA con corriente alterna

Equipamiento de la ejecución básica:

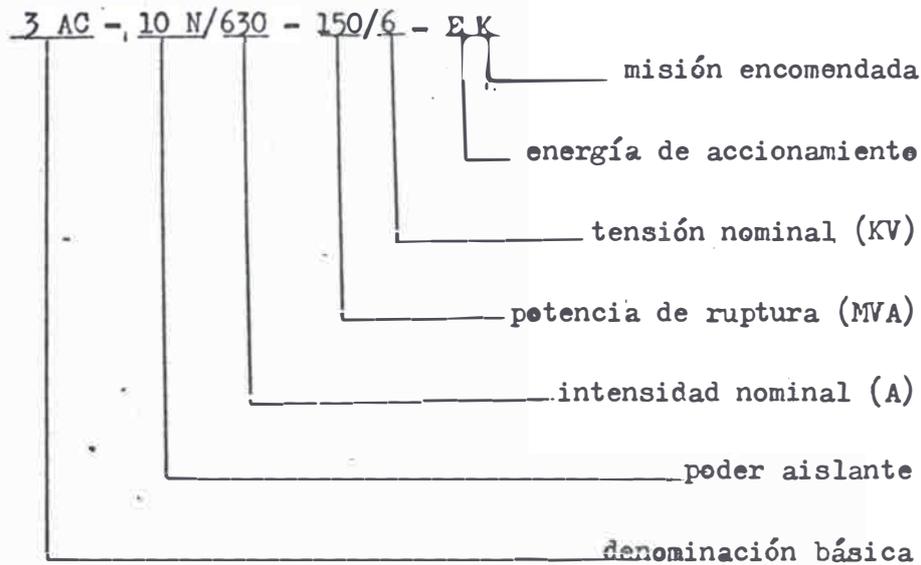
A continuación presentamos un cuadro de los elementos necesarios en
el equipo.

EQUIPAMIENTO DE LA EJECUCION BASICA

Objeto	Datos (1)	Observaciones
Primer llenado de aceite	-	Se suministra en bidones precintados.
Disparo por emisión de corriente H86f o bien por transformador de intensidad H86w.	24, 60, 110, 220 V 220 V, 60 HZ. 0.5 A.	Si no se indica nada en el pedido, se suministra del tipo H86f.
Accionamiento manual, accionamiento eléctrico (motor)	60, 110, 220 V 220 V, 60 HZ.	-
Equipo de conexión (bobina, contactor ...)	24, 60, 110, 220 V 220 V, 60 HZ.	Si no se dice nada sobre la tensión de este equipo, se empleará la misma que la del H86f.
Listón de bornas	-	-
Contactos auxiliares	-	Se solicitan de acuerdo con las necesidades.

(1) Debemos indicar separadamente en el pedido los datos nominales de cada aparato.

Nota: En la tabla Nro. 15 presentamos los diversos tiempos del interruptor tratado.



Placa característica:

Para nuestro interruptor, cuenta con la placa indicando las siguientes características:

- | | |
|---------------------------------|--------------------------------|
| 1. Fabricante | SIEMENS |
| 2. Tipo | 3 AC - 10N/630 - 150/6 - E K |
| 3. Número de fabricación | Nr. S 30682923 |
| 4. Tensión inferior y superior. | U_n 6/7.2 |
| 5. Año de construcción | 1976 |
| 6. Intensidad | I_n 630 A. |
| 7. Intensidad de cortocircuito | I término. 30 KA. |
| 8. Secuencia nominal | 0 - t _u - ∞ - t - ∞ |

siendo:

O	Desconexión
C	Conexión
CO	Conexión y desconexión inmediata
t	Pausa de 3 minutos
t _u	Tiempo de interrupción

9.	Potencia de ruptura	N _a	150 MVA.
10.	Intensidad de conexión	I _e	45/38 KA.
11.	Tensión de serie		6 N.

Peso de la ejecución básica:

- Peso total	124 Kg.
- Peso de aceite	7.5 Kg.

Accesorios:

- Palanca para accionamiento de emergencia
 - Envase de aceite para un segundo llenado (2)
 - Llave especial para cambiar contactos y cámaras (2)
- (2) Indicar tipo de interruptor.

Dimensiones:

En la figura 14 se indican todas las dimensiones en milímetros, para nuestro tipo de interruptor.

Esquema funcional:

En la figura 15 se presenta el esquema funcional del interruptor "T"

TABLA Nro. 15

TIEMPOS DE MANIOERA

Interrupctor 3AB/3AC	Tiempo de conexión				Tiempo de ensado	
	HN ¹⁾	HK	EU	EK	EU	EK
	ms	ms	ms	ms	s	s
3AC—10N/...—150/8. .	90	90	—	90	—	9
3AC—10N/...—250/8. .	90	—	90	—	9	—
3AC—10N/...—300/6. .	90	—	90	—	9	—
3AC—10N/...—350/6. .	90	—	90	—	9	—
3AB—10N/...—500/6. .	x	—	80	—	16	—
3AB—10N/...—750/6EU	—	—	80	—	21	—
3AC—10N/ 630—250/10. .	90	90	—	90	—	9
3AC—10N/ ... —350/10. .	90	90	90	90	9	9
3AC—10N/ ... —500/10. .	90	—	90	—	9	—
3AC—10N/2500—500/10. .	90	—	90	—	9	—
3AB—10N/ ... —750/10. .	x	—	80	—	16	—
3AB—10N/ ... —1000/10EU	—	—	80	—	21	—
3AC—ANSI/ 630—250/13,8.	90	90	—	90	—	9
3AC—ANSI/ ... —350/13,8. .	90	90	—	90	—	9
3AC—ANSI/ ... —500/13,8. .	90	—	90	—	9	—
3AC—ANSI/2500—500/13,8. .	90	—	90	—	9	—
3AB—ANSI/ ... —750/13,8. .	x	—	80	—	16	—
3AB—ANSI/ ... —1000/13,8EU	—	—	80	—	21	—
3AC—15N/630—250/15. .	90	90	—	90	—	9
3AC—15N/ ... —350/15. .	90	90	—	90	—	9
3AC—15N/ ... —500/15. .	90	—	90	—	9	—
3AC—20N/630—250/20. .	90	90	—	90	—	9
3AC—20N/ ... —350/20. .	90	90	—	90	—	9
3AC—20N/ ... —500/20. .	90	90	—	90	—	9
3AB—20N/ ... —1000/20. .	—	—	80	—	21	—
3AB—20N/ 630—500/30. .	x	—	80	—	16	—
3AB—30N/1250—750/30. .	x	—	80	—	16	—
3AB—30N/ ... —1000/30. .	x	—	80	—	16	—
3AB—30N/2500—1000/30. .	—	—	80	—	21	—
3AB—30N/ ... —1500/30. .	—	—	80	—	21	—

(CONT.)

Interrupción 3AB/3AC	Otros tiempos					Duración máxima de la orden para		Tiempo de paso del interruptor auxiliar	
	Desconexión	Extinción	Desconexión Total	Tiempo de reenganche para accionamientos HK, EK	Tiempo de Con/Den.	Desconexión	Conexión con accionamiento HK, EU, EK	Des	Con
	ms	ms	ms	ms	ms	ms	ms	ms	ms
3AC-10N/...-150/6	50	20	70	180	60	20	60	20	30
3AC-10N/...-250/6	50	20	70	—	60	20	60	20	30
3AC-10N/...-300/6	50	20	70	—	60	20	60	20	30
3AC-10N/...-350/6	55	20	75	—	50	20	60	20	30
3AB-10N/...-500/6	60	20	80	—	45	20	50	15	30
3AB-10N/...-750/6EU	60	20	60	—	55	20	50	20	20
3AC-10N/ 630-250/10	50	20	70	150	60	20	60	20	30
3AC-10N/ ... -350/10	50	20	70	180	60	20	60	20	30
3AC-10N/ ... -500/10	50	20	70	—	60	20	60	20	30
3AC-10N/2500-500/10	55	20	75	—	60	20	60	20	30
3AB-10N/ ... -750/10	60	20	80	—	45	20	50	15	30
3AB-10N/ ... -1000/10EU	60	20	80	—	55	20	50	20	20
3AC-ANSI/ 630-250/13,8	50	20	70	180	60	20	60	20	30
3AC-ANSI/ ... -350/13,8	50	20	70	180	60	20	60	20	30
3AC-ANSI/ ... -500/13,8	50	20	70	—	50	20	60	20	30
3AC-ANSI/2500-500/13,8	55	20	75	—	60	20	60	20	30
3AB-ANSI/ ... -750/13,8	50	20	70	—	45	20	50	15	30
3AB-ANSI/ ... -1000/13,8EU	60	20	80	—	55	20	50	20	20
3AC-15N/630-250/15	50	20	70	180	60	20	60	20	30
3AC-15N/ ... -350/15	50	20	70	160	60	20	60	20	30
3AC-15N/ ... -500/15	50	20	70	—	60	20	60	20	30
3AC-20N/630-250/20	50	20	70	180	60	20	60	20	30
3AC-20N/ ... -350/20	50	20	70	180	60	20	60	20	30
3AC-20N/ ... -500/20	50	20	70	180	60	20	60	20	30
3AB-20N/ ... -1000/20	60	20	80	—	55	20	50	25	35
3AB-30N/ 630-500/30	55	20	75	—	45	20	50	15	30
3AB-30N/1250-750/30	55	20	75	—	45	20	50	15	30
3AB-30N/ ... -1000/30	55	20	75	—	45	20	50	15	30
3AB-30N/2500-1000/30	60	20	80	—	55	20	50	25	35
3AB-30N/ ... -1500/30	60	20	80	—	55	20	50	25	35

Para interruptores "T" con accionamiento del grupo 4

Dimensiones en milímetros

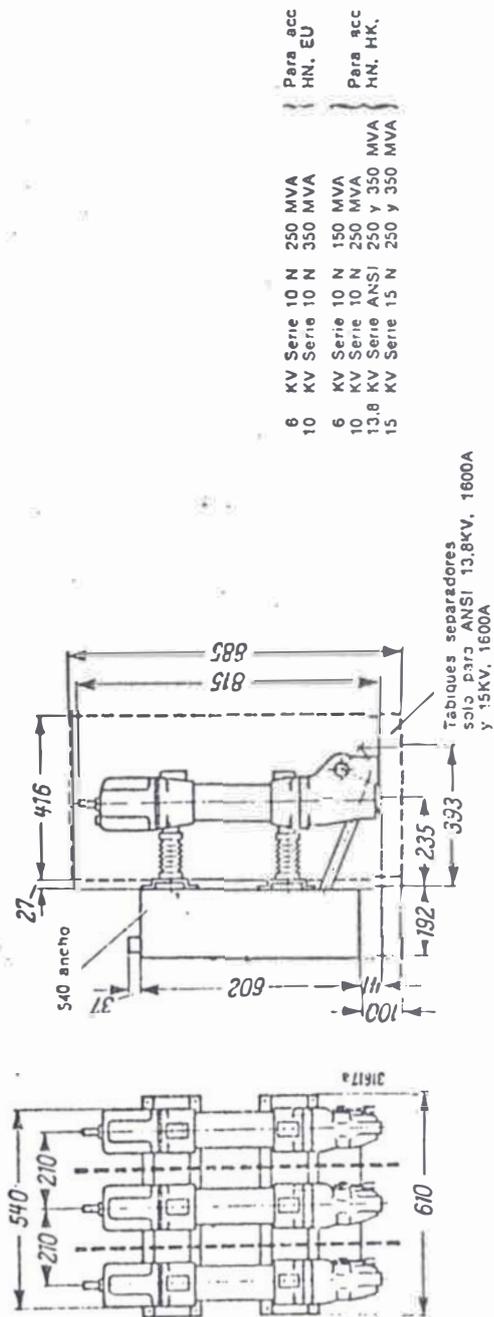


Figura Nro. 14

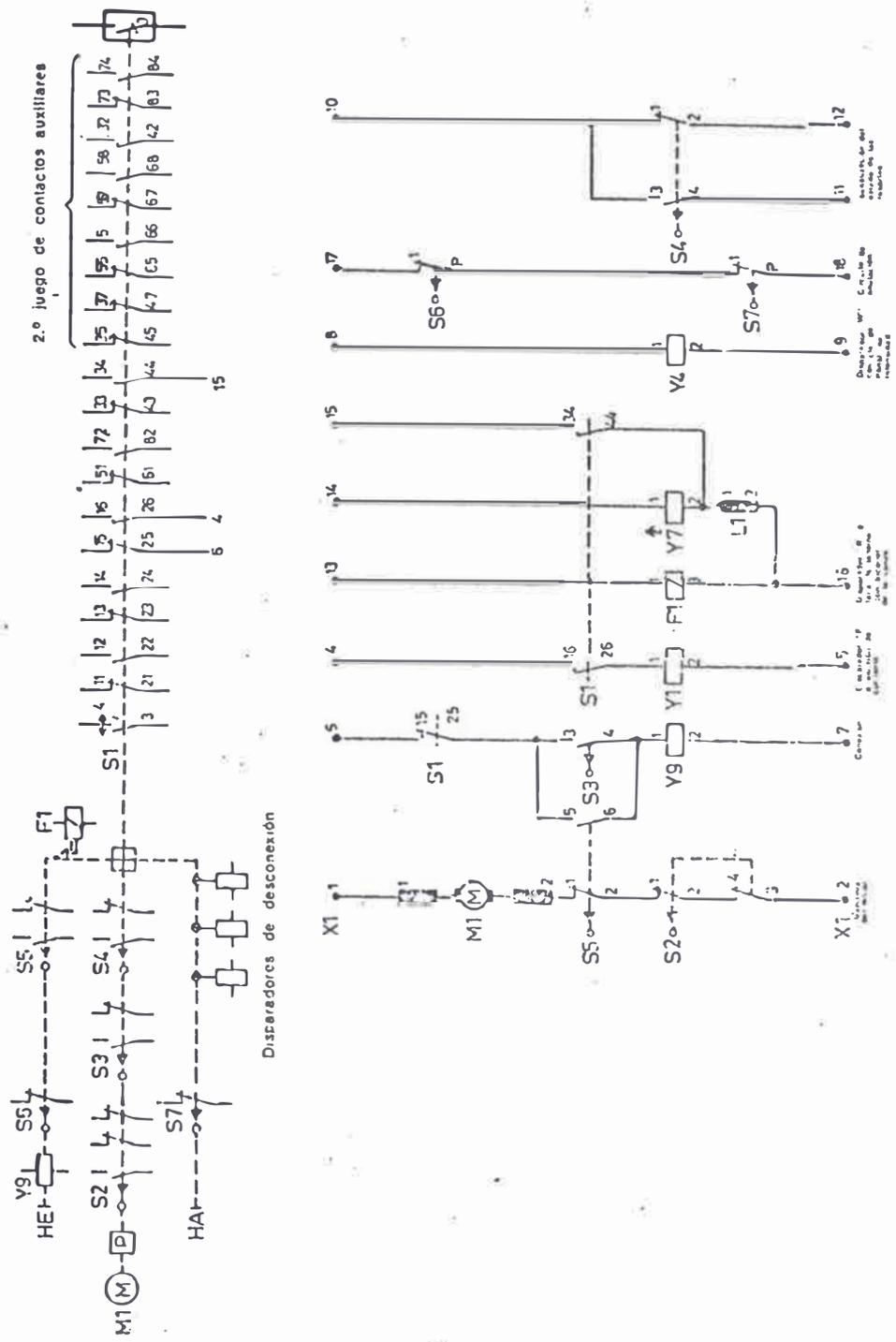


Figura Nro. 15

Esquema funcional para interruptor "T" con accionamiento, motorizado por acumulación de energía EU/EK. La ejecución normal no incluye: Y4, Y7, F1, L1, S4, S6 y S7 (Suministro bajo sobrepeso)

con accionamiento motorizado por acumulación de energía del tipo E K.

4.1.2 - Especificaciones técnicas del cable de Alta Tensión.

- Tipo	N2YSY
- Tensión	5 KV.
- Calibre	3 x 120 mm ² (250 MCM)
- Forma del conductor	rm
- No. de hilos	37
- Espesores:	
Aislamiento	2.29 mm.
Chaqueta	2.03 mm.
- Diámetro exterior	25.75 mm.
- Peso	1,562.8 (Kg/Km)
Corriente admisible	370 A.
- Norma de fabricación	ASTM B3 y B8 para conductores. IPCEA S-61402 para las dimensiones del aislamiento.
- Temperatura de operación	75 °C
- Descripción:	

Conductor de cobre electrolítico blando, cableado concéntrico. Cinta semi-conductora aplicada helicoidalmente. Aislamiento de polietileno.

Cinta semi-conductora y cinta de cobre con pantalla electrostática.

Chaqueta exterior de PVC color rojo.

- Usos:

Se emplea en distribución y sub-transmisión de energía en alta tensión, aérea y subterránea. En plantas industriales, urbanizaciones, instalaciones mineras y como alimentadores de transformadores en sub-estaciones.

- Características particulares:

El aislamiento de polietileno le da inmejorables características dieléctricas; la chaqueta de PVC es resistente a ácidos, grasas, aceites, abrasión y no propaga la llama. Es ligero, fácil de instalar y posee uniones y terminales sencillos. Puede instalarse en charolas, en ductos subterráneos y en instalaciones verticales.

4.2 - Especificaciones técnicas de la S.E. Chancadora primaria del tajo.

4.2.1 - Especificaciones técnicas de los equipos de A.T. y B.T.

a) Seccionador tripolar para instalación interior.

- Fabricante	Merlin Gerin
- Tipo de designación según fabricante	FU 12
- Corriente nominal	630 A.
- Tensión nominal	2.4 KV.

Tensión máxima de servicio 12 KV.

- Nivel de aislamiento

Tensión de choque (KV cresta) 75 KV.

Tensión a tierra (KV eff.) 60 HZ. 1 min. 28 KV.

- Corriente máxima instantánea 36 KA.

- Corriente máxima durante 1 segundo 14.5 KA.

- Dimensiones entre fases (ver fig. 17)

E 210 mm.

L 640 mm.

H₁ 465 mm.

H₂ 620 mm.

P 470 mm.

Q 600 mm.

R 280 mm.

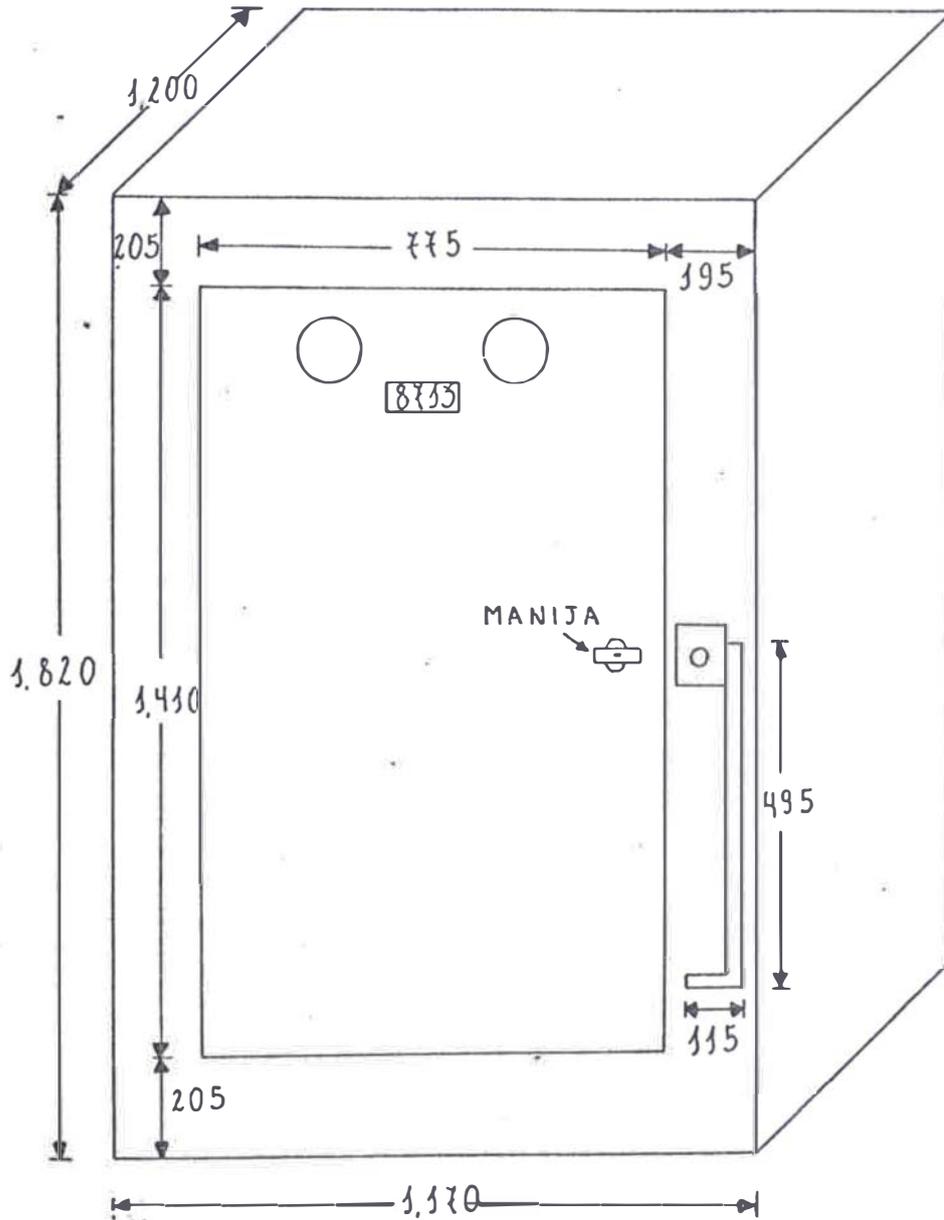
- Peso total 19 Kg.

- Mando Manual por pértiga lateral

En la figura (16) se muestra la celda del seccionador tratado.

Todas las medidas indicadas están dadas en milímetros.

Figura 16 : Celda del Seccionador de entrada



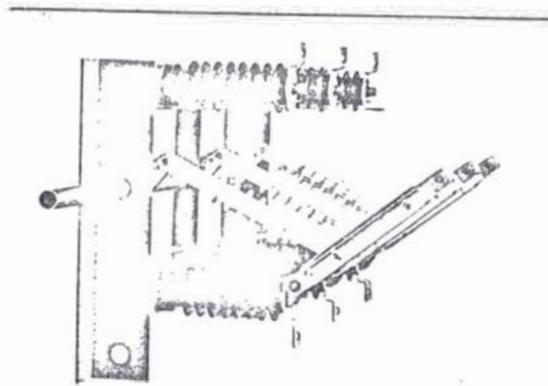


Fig. Nro. 17: Seccionador tripolar

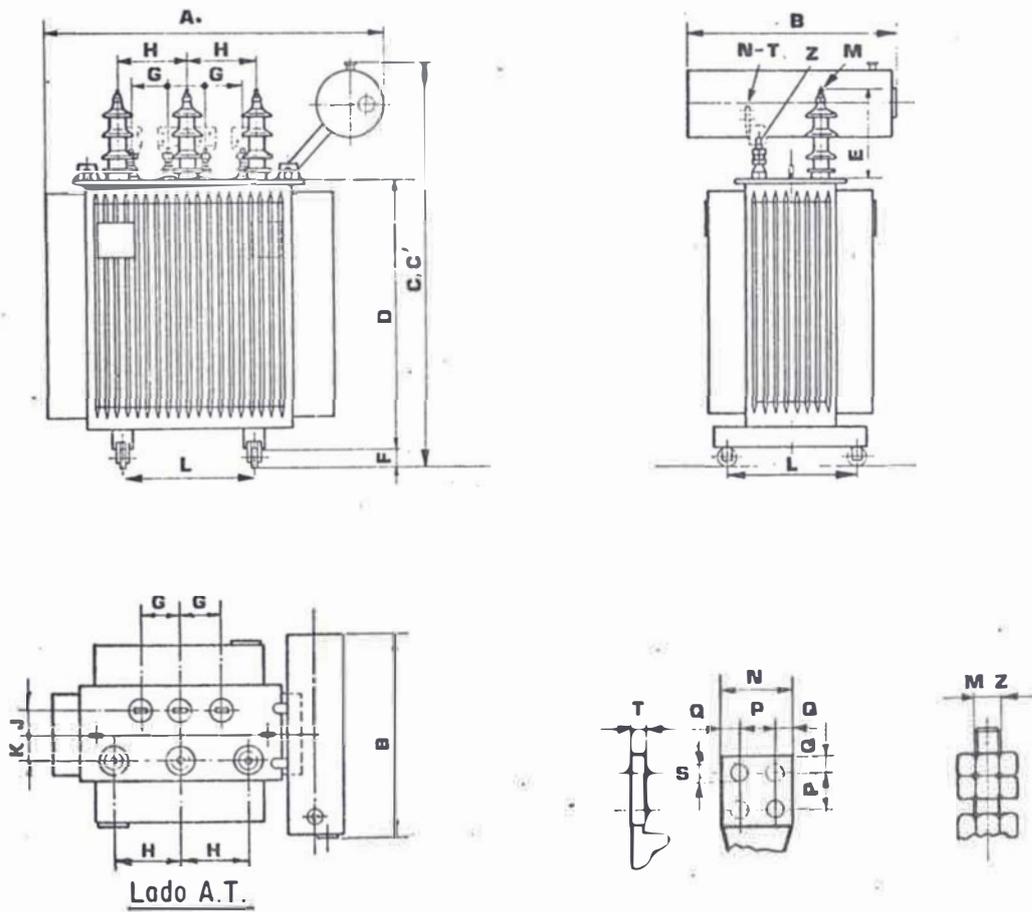
b) Transformador de potencia.

- Fabricante	DELCROSA
- Tipo	TECD 3153
- Número de fases	3
- Refrigeración	en baño de aceite
- Enfriamiento	Natural
- Montaje	Interior
- Potencia nominal continua	1000 KVA.

- Frecuencia 60 HZ/seg.
- Altura de trabajo 4,500 m.s.n.m.
- Relación de transformación en vacío $2,400 \pm 2.5 \pm 5\%$ / 480 - 277 V
- Grupo de conexión D Y 5
- Pérdidas en el fierro 2,234 W.
- Pérdidas en el cobre 12,766 W.
- Tensión de cortocircuito 7 %
- Accesorios normales
 - Tanque conservador de aceite con indicador de nivel
 - Válvula de seguridad
 - Medidor de nivel de aceite
 - Grifo de vaciado y toma de muestras de aceite
 - Asas de suspensión
 - Borne de puesta a tierra
 - Placa de características
 - Dotación de aceite
- Accesorios especiales
 - Conmutador de tomas suplementarias
 - Ruedas orientables en planos perpendiculares
 - Termómetro tipo dial con indicación de máxima temperatura
 - Relé Buchholz con contactos para alarma y desconexión
 - Desecador de Silicagel
- Medidas (en la tabla 16 se indican todas las dimensiones del trans

formador de 1000 KVA.)

- Peso parte activa 1870 Kg.
- Peso del aceite 750 Kg.
- Peso total 3300 Kg.



Transformador de 1000 KVA.

Las medidas están indicadas en la tabla Nro. 16.

DIMENSIONES EN m. m. (APROXIMADAS)

POTENCIA kVA	A	B	C	C'	D	E		F	G (x)	H (x)	J (x)	K (x)	L	CONEXIONES (x)							A.T. M
						10kV	20kV							Z	N	P	Q	S	T		
50	1117	490	1311	1469	916	310	385	71	195	280	90	90	420	M 12	-	-	-	-	-	M 12	
100	1217	670	1394	1532	979	310	385	71	210	280	100	100	420	M 20	-	-	-	-	-	M 12	
160-200	1426	772	1494	1647	1064	310	385	71	240	310	110	110	470	M 20	-	-	-	-	-	M 12	
250-320	1466	950	1604	1757	1174	310	385	71	300	310	135	130	470	-	60	32	14	14	12	M 12	
400-500	1600	1030	1816	1984	1362	310	385	80	315	315	155	150	570	-	60	32	14	14	12	M 12	
640-800	1800	1030	1910	2075	1465	310	385	80	315	315	160	160	570	-	100	50	25	18	20	M 12	
1000-1250	2081	1042	2235	2235	1575	310	385	80	345	400	175	175	670	-	100	50	25	18	20	M 12	
1600	2252	1177	2291	2291	1600	310	385	86	345	400	175	175	820	-	100	50	25	18	20	M 12	

C' = EJECUCION CON RELE BUCHHOLZ
(x) = DIMENSIONES MAS USUALES
* = USAR: A 1660 HASTA 12 kV. a 1000 m.s.n.m.
• = USAR: A 1571 HASTA 12 kV. a 1000 m.s.n.m.

NOS RESERVAMOS EL DERECHO DE INTRODUCIR CAMBIOS EN EL DISEÑO DIMENSIONES, ETC.

TABLA Nro. 16

c) Interruptor termomagnético de la chancadora; ver figura Nro. 18.

- Fabricante		SACE
- Tipo		NOVOMAX G2
- Número de polos		tres
- Tensión nominal		660 V. AC 250 V. DC
- Corriente nominal		1250 A.
- Frecuencia nominal		50 a 60 HZ.
- Tensión de prueba (50 HZ., 1 min.)		3000 V.
- Capacidad nominal de ruptura		Capacidad nominal de fabricación
(KA) Sim.	/	(KA) pico
AC 660 V.		30/63
600 V.		35/73.5
500 V.		40/84
415 V.		45/94.5
380 V.		50/105
240, 220 V.		50/105
DC 250 V.		40/40
- Corriente de corto tiempo RMS		
(KA) 1 seg. [3 seg.]		40 [25]
- Corriente de apertura (KA)		30

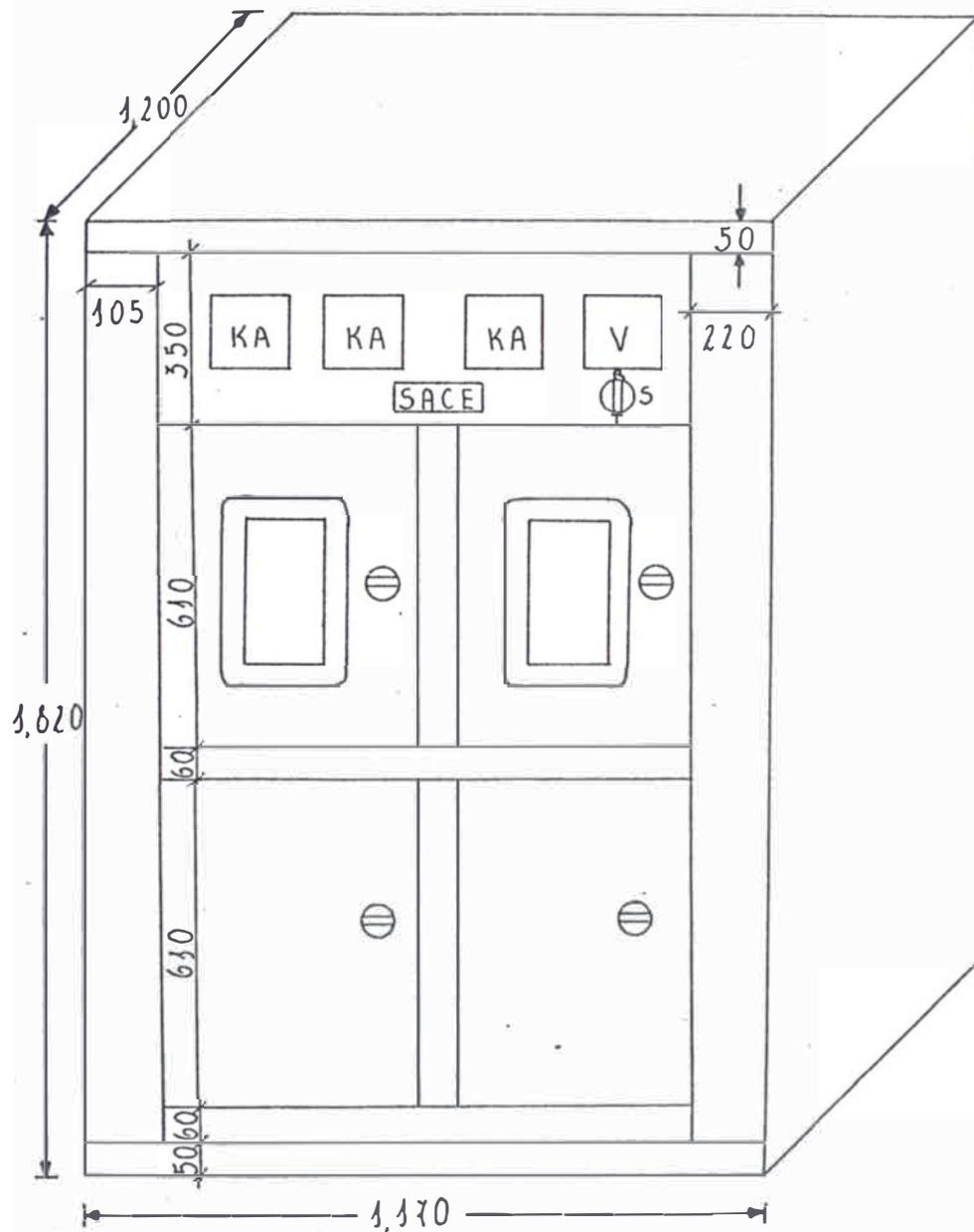
- Tiempo total de apertura	0.03 seg.
- Tiempo nominal de cierre	
Tiempo máximo de almacenamiento de energía en el resorte	10 seg.
Tiempo de cierre	40 ms.
Bobina electromagnética	150 ms.
- Dimensiones	
Ancho	350 mm.
Alto	505 mm.
Profundidad	520 mm.
- Peso total	73 Kg.
- Normas de fabricación	CEI, IEC, VDE, UTE, BSI
- Temperatura de operación de acuerdo con NEMA y ANSI	40°C

d) Interruptores termomagnéticos diversos.

- 3 x 150 A. para planta de relleno hidráulico.
- 3 x 225 A. para fajas transportadoras Nros. 1 y 2.
- 3 x 400 A. para motor eléctrico de la chancadora primaria y centro de control de motores.
- 3 x 630 A. para planta de relleno hidráulico y planta de lixiviación de plata.

A continuación mostramos la tabla 17 con todas las especificaciones técnicas de los interruptores mencionados.

Figura 18 : Celda de los interruptores termomagnéticos
principales



e) Interruptor termomagnético de la S.E. chancadora primaria del tajo; ver figura Nro. 18.

- Fabricante	SACE
- Tipo	G 30
- Número de polos	3
- Tensión nominal	660 V.AC.
- Corriente nominal	1600 A.
- Frecuencia nominal	50 a 60 HZ.
- Tensión de prueba (50 HZ. 1 minuto)	3000 V.

	Capacidad nominal de ruptura (KA) sim.	/	Capacidad nominal de fabricación (KA) pico
AC	660 V.		35/75
	500 V.		45/95
	440 V.		45/95
	380 V.		45/95
	220 V.		45/95
DC	250 V.		40/40

Dimensiones:

Ancho	276 mm.
Alto	346.5 mm.
Profundidad	395.5 mm.

f) Contactores electromagnéticos y relés térmicos diversos.

- Información general.

Tensión máxima de empleo en corriente alterna:

Contactores auxiliares: 660 V., 50 ó 60 HZ.

Contactores: 660V., 50 ó 60 HZ.

Temperatura ambiente:

Al aire: de -25 a + 55 C

En caja: de -20 a + 40°C

Bornes de conexión:

Los contactores B9 a B30 y el relé térmico T25 tienen sus bornes de conexión abiertos. Es recomendable apretar los tornillos de los bornes que no se utilizan. ~~Existe~~ la posibilidad de colocación de cubre bornes sobre los bornes de potencia, a partir del calibre B45 y para los relés térmicos correspondientes.

Posición de montaje:

Los contactores y los relés térmicos deben montarse normalmente, sobre un plano vertical. Para otras posiciones se debe consultar al fabricante BBC.

Conformidad a las normas:

El aparellaje BBC es conforme a las principales normas y recomendaciones internacionales (IEC, UTE, VLE, BS, NEN, etc.)

Grado de protección de las cajas:

IP 43 : Caja cerrada.

IP 55 : Caja estanca.

Tensiones nominales de alimentación U_c de las bobinas de corriente alterna 50 y 60 HZ.

(Límites de funcionamiento : 0.85 1.1 U_c)

50 HZ	60 HZ
110 V.	110 ... 127 V. (1)
110 V.	127 V. (2)
220 V.	220 ... 240 V. (1)
220 V.	255 V. (2)
440 V.	500 V.

(1) Sólo para contactores auxiliares B9, B12, B16.

(2) Fabricados de acuerdo a pedido.

A continuación presentamos la tabla (18) de consumo de las bobinas de los diversos tipos de contactores a emplearse (VA).

CONSUMO DE LAS BOBINAS EN VA.		
	Conexión	Mantenimiento
K (1 y 2 pisos)		
B 9 B 12 B 16	48	9
B 25 B 30	85	10
B 45 B 60	170	22
B 72 B 85	270	30
B 105 B 170 B 250 B 370	510 790 1100 1900	32 60 66 100

TABLA Nro. 18

- Potencia e intensidades máximas de empleo.

TABLA Nro. 19

Tipos de contactores	Motores de jaula de ardilla, de anillos rozantes		
	corriente 3 ϕ AC, Ie máx. (A)	220 V/240 V KW	440V/660V KW
B 9	9	2.2	4 (6)
B 12	12	3	5.5 (7)
B 16	16	4	7.5 (8)
B 17 (3)	18.5	5.5	9
B 25	25	6.5 (4)	11
B 30	30	9	15
B 37 (3)	37	11	22 (9)
B 45	45	13	25 (10)
B 60	60	17	30 (10)
B 65	65	18.5	40
B 72	72	22	45
B 85	85	25	50
B 105	125	30 (5)	75
B 170	200	55	110
B 250	260	75	160
B 370	400	110	250

(3) Se fabrica a pedido

(4) 7.5 KW - a 240 V.

(5) 35 KW - a 240 V.

(6) 3 KW - a 500 y 660 V.

(7) 4 KW - a 500 y 660 V.

(8) 5.5 KW - a 500 y 660 V.

(9) 20 KW - a 660 V.

(10) 22 KW - a 660 V.

- Contactores compactos.

TABLA Nro. 20

Tipo de contactor	Dimensiones (mm.)			Peso (Kg.)
	Ancho	Altura	Profundidad	
B 9	44	67	103	0.30
B 12	44	67	103	0.30
B 16	44	67	103	0.30
B 17	54	81	108	0.46
B 25	54	81	108	0.46
B 30	54	90	115	0.62
B 37	103	112	125	1.075
B 45	103	112	125	1.080
B 60	103	130	125	1.24
B 65	114	132	140	1.85
B 72	114	132	140	1.85
B 85	114	132	140	1.86
B 105	185	210	150	2.35
B 170	200	240	165	3.28
B 250	285	280	205	6.65
B 370	285	288	233	10.40

- Relés térmicos.

Relé térmico tripolar con los siguientes tipos:

T 25

1 contacto de reposo NC + 1 contacto de trabajo NA.

T 85

1 contacto de reposo NC.

T 105 a T 370

1 contacto de reposo NC + 1 contacto de trabajo NA.

Todos ellos son compensados contra las variaciones de la temperatura ambiente y poseen protección del motor trifásico contra marcha en monofásico.

Bobina para rearme a distancia

Duración máxima del impulso de mando: 0.2 a 0.35 seg.

Bobina de disparo a distancia

Duración máxima del impulso de mando: 0.2 a 0.35 seg.

TABLA No. 21 TIPOS DE RELES TERMICOS

Tipo de relé	Tipo de contactor a emplear	Dimensiones (mm.)			Peso (Kg.)
		Ancho	Altura	Profundidad	
T 25	B9 a B30	44	84	94	0.130
T 85	B45 a B85	81	93.5	121.5	0.420
T 105	B 105	94	120	134.5	0.750
T 170	B 170	100	114.5	157.5	0.770
T 250	B 250	190	137	161.5	2.510
T 370	B 370	190	146	161.5	2.510

Nota:

Cada potencia de motor eléctrico tiene su propio rango de relé a emplearse y la descripción del indicado en las tablas sería demasiado larga. Para ello, de acuerdo con la potencia solicitada, el fabricante proporcionará el relé adecuado de protección.

4.2.2 - Especificaciones técnicas de los instrumentos de medición y servicios.

a) Amperímetro.

- Fabricante	CELSA
- Tipo	P R
- Aparato	bobina móvil
- Corriente	DC., AC.
- Frecuencia	50 - 60 HZ.
- Dimensiones	144 x 144 mm.
- Rango	0 - 1500 A.

b) Transformador de corriente.

- Fabricante	CELSA
- Tipo	I E R
- Relación	1500/ 5 A.
- Rango	400 - 2000 A
- Dimensiones	80 x 10 mm.
- Diámetro interior	50 mm. ϕ

c) Voltímetro.

- Fabricante	CELSA
--------------	-------

- Tipo	E Q
- Aparato	bobina móvil
- Corriente	DC., AC.
Frecuencia	50 - 60 HZ.
- Dimensiones	144 x 144 mm.
- Rango	0 - 600 V.
d) Transformador para iluminación y control.	
- Fabricante	DELACROSA
- Tipo	TECD 3046
- Potencia	25 KVA.
- Fases	tres
- Devanado	en aceite
- Enfriamiento	natural
- Aislamiento	clase A
- Frecuencia	60 HZ.
Relación de transformación	440/ 220 - 110 V.
- Medidas	
Ancho	715 mm.
Altura	940 mm.
Profundidad	530 mm.

4.4 - Especificaciones técnicas del centro de control de motores.

a) Descripción general.

Presentación

Es un tablero modular diseñado para su uso en baja tensión. Ofrece las siguientes ventajas:

Acceso frontal que permite a los CCM ser montados espalda con espalda o contra la pared.

Arrancadores intercambiables que permiten una reparación rápida y sin peligro.

- Los cubículos de los arrancadores pueden ser enchufados o retirados sin corte del suministro de energía.

- El CCM cumple con las normas BS 5486 e IEC 439.

Tensión

- | | |
|-----------------------|-----------------|
| - Aislamiento | 1,000 V. AC |
| - Tensión de servicio | hasta 600 V. AC |
| - Tensión de control | hasta 380 V. AC |

Capacidad de cortocircuito

- | | |
|-------------------------|---------------------------|
| - Construcción standard | 50 KA r.m.s., 110 KA pico |
| - Bajo pedido | 70 KA r.m.s., 155 KA pico |

Distribución

- 3 polos + neutro + tierra

Grado de protección

A prueba de polvo y salpicaduras de agua IP 549, según norma IEC 144.

Pintura

La estructura, paneles, puertas y soportes de fierro son sometidos a un tratamiento anticorrosivo y pintados con pintura especial epóxica.

b) Componentes fijos.

Gabinete

Son fabricados en láminas de fierro de 2.5 mm. con estructura con perforaciones para tornillos autoroscantes.

Los elementos del gabinete son tratados galvánicamente.

El gabinete completo comprende aisladores, barras verticales y horizontales, bandejas soportes de los cubículos enchufables, cables de control, fuerza y puertas.

Barras horizontales

Las barras horizontales están situadas en la parte superior y están soportadas por aisladores de poliéster reforzado con fibra de vidrio con conectores simples que pueden abarcar de 1 a 4 barras de 50 x 5 mm. de cobre electrolítico y estañadas.

Dimensiones (mm.)	Capacidad de corriente (A)
1 (50 x 5)	630
2 (50 x 5)	1100
3 (50 x 5)	1500
4 (50 x 5)	1900

Barra de tierra

La barra de tierra está fijada en la parte inferior de las columnas.

La estructura polarizada asegura la continuidad de tierra de cada columna.

Barras verticales

Se encuentran ubicadas en la parte posterior de cada columna.

Estas barras son de un diámetro de 22 mm. de cobre electrolítico y estañadas.

Poseen pantallas aislantes que cubren las barras para proteger al usuario contra contactos accidentales aún con las puertas abiertas y el compartimiento vacío.

Aisladores de poliéster reforzado con fibras de vidrio soportan a las barras verticales.

Bandeja separadora

Estas completan y funcionalizan la sección vertical. Colocadas a diferentes alturas de acuerdo a fabricación, dividen a la columna en compartimientos, los cuales alojan a los cubículos extraíbles o fijos.

Puertas

Tienen una configuración especial y permiten su retiro rápidamente. Son suministradas con empaquetadura y poseen una construcción modular que les permiten ser intercambiables.

Ducto vertical de cables

Ubicado en el lado izquierdo de la columna, une los ductos horizontales superior e inferior a fin de poder interconectar entre sí cubículos de diferentes columnas verticales.

A través de este ducto se llevan las líneas de conexión a las barras principales y las conexiones de salida de los diversos cubículos.

Tabiques verticales completan el aislamiento de los cubículos entre sí, a fin de evitar daños.

Cableado

El conductor es con aislamiento de PVC, capaz de trabajar a una temperatura de 60°C cumpliendo con las normas VDE para 600 V.

El cableado permite interconexión o interbloqueo entre cubículos de la misma o diferentes columnas.

Los cables de control son conducidos a través de una bornera que se encuentra en el recinto del cubículo.

Cuando éste es extraído se desconectará la línea de alimentación del circuito de control

El cableado interno es de un calibre mínimo No. 14 AWG; cada conductor es codificado para su fácil identificación.

c) Componentes móviles

Cubículos

Se componen de:

- Una base standard con un tirador para extraer el cubículo.
- Un pestillo de bloqueo.
- Una unidad enchufable para el ingreso de fuerza de 3 ó 4 polos suministrados en 125 A ó 250 A montados en poliéster.
- Una IDEM para la salida de fuerza.

Cremallera para candados.

- Una rejilla de soporte para el sistema electromecánico.
- Enchufes múltiples del sistema de control.
- Interruptor del límite para desconexión del sistema de control.

d) Operación de los cubículos.

Retiro de un cubículo

- Para abrir la puerta desconectar el interruptor.

- Desenchufar la bornera de control del cubículo.
- Deslizar el pestillo hasta el extremo derecho.
- Soltar el pestillo.
- Extraer el cubículo.

Enchufe del cubículo

- Conducir el cubículo hacia los bordes del compartimiento.
- Empujar el cubículo hasta que contacte el tope intermedio (en este momento, el cubículo es puesto a tierra antes de que sea enchufado).
- Deslizar el pestillo hasta el extremo derecho.
- Empujar el cubículo hasta el fondo y soltar el pestillo.

TABLA No. 23 ARRANCAORES DE COMBINACION CON INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO Y ARRANCADOR DIRECTO.

Potencia máx. (HP)		Tamaño NEMA	Espacios requeridos	Característica
220 V.	440 V.			
7 1/2	10	1	1	Enchufable
15	25	2	1	Enchufable
30	50	3	2	Enchufable
50	100	4	2 1/2	Enchufable
100	200	5	3	Fijo

4.5 - Especificaciones técnicas de la grúa puente.

A continuación presentamos los principales componentes eléctricos de la grúa:

1 contactor (MLC), 4 polos, size 2, A. Bradley

1 contactor (HC) , 3 polos, size 1, A. Bradley

1 contactor (LC) , 3 polos, size 2, A. Bradley

1 contactor (OC) , 3 polos, size 2, A. Bradley

1 contactor (RC), 3 polos, size 2, A. Bradley

1 contactor (FC) , 3 polos, size 1, A. Bradley

1 contactor (IC) , 3 polos, size 1, A. Bradley

1 contactor (11A), 3 polos, size 2, A. Bradley

1 contactor (12A), 3 polos, size 2, A. Bradley

1 contactor (13A), 3 polos, size 2, A. Bradley.

1 contactor (21A), 3 polos, size 1, A. Bradley

1 contactor (22A), 3 polos, size 1, A. Bradley

1 contactor (31A), 3 polos, size 1, A. Bradley

1 contactor (32A), 3 polos, size 1, A. Bradley

7 relés de sobrecarga, tipo componente P & H, No. 792924

1 relé de tiempo, marca: SQUARRE, U.S.A., clase 9007, tipo EO - 1,
600 V máx. AC.

1 transformador de tensión, 3 KVA, 440/110V.

2 portafusibles de porcelana

2 fusibles de 20 A.

2 fusibles de 10 A.

1 motor de izaje, marca: ST. LOUIS ALLINS, U.S.A., 25 HP, 1730 RPM,
3 ϕ , 60 HZ, 440 V, 35 A, conexión Δ , clase E, rotor: 185 V, 24.8 A.

1 motor del trolley, marca: ST. LOUIS ALLINS, U.S.A., 5 HP, 1750 RPM,
3 ϕ , 60-HZ, 440 V, 6.5 A, conexión Δ , clase E, rotor: 140 V, 10.1 A.

1 motor del cross, marca: ST. LOUIS ALLINS, U.S.A., 2 HP, 1617 RPM,
3 ϕ , 60 HZ, 440 V, 3.5 A, conexión Δ , clase E, rotor: 94.5 V, 7.25 A

2 heater, marca: ALLEN-BRADLEY CO., tipo R 20

2 heater, marca: ALLEN-BRADLEY CO., tipo R 26

3 heater, marca: ALLEN-BRADLEY CO., tipo R 35

1 caja de pulsadores colgantes estancas (IP65), de doble aislamiento para circuitos auxiliares (con embudo para cables ϕ 22 mm.), para comando de la grúa puente, marca TELEMECANIQUE, compuesto de :

8 pulsadores 

8 " NA. NC"

Referencia XAC - B981

Peso: 1.55 Kg.

4.6 - Especificaciones técnicas de los arrancadores electrónicos de tensión reducida.

El fabricante de estos equipos es EATON (Electrical Electronic Control).

El modelo es A 415 CUTLER - HAMMER y el tipo es:

A 4 1 5 S G 0 0 0 G

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Los números escritos debajo del tipo tienen la siguiente clave:

1 al 4	Número de arranque		
	Irreversible Incombinable	A 415	
5	Operación standard HP & voltaje	Corriente térmica máxima	Size
	150 HP, 460 V.	300 A.	S
6	Enclosure		
	NEMA 1 Enclosure	G	
7	Modo de aceleración		
	Ajustable a corriente límite	0	
8	Tapa de control		
	Solamente reset	0	
9	Circuito piloto		
	Standard 3 hilos	0	
10	Voltaje de circuito de potencia		
	230 / 460 V.	G	

Especificaciones eléctricas:

- Voltaje circuito de potencia 460 V. AC ($\pm 10\%$), 3 ϕ ,
50/60 HZ. (575 V. opcional)
- Voltaje circuito de control 115 V. AC, 1 ϕ , 50/60 HZ.
1.75 A. máx.
- Voltaje control (circuito piloto) 115 V. AC, 1 ϕ , 50/60 HZ.
ó 10 a 24 V. AC/DC, 30 mA.
máx.
- Factor de servicio 1.15 (solamente para pro-
pósitos generales).
- Capacidad de sobrecarga (capaci- 115 % continuo ó 250 % por
dad normal sólo para propósitos ge- 60 seg. ó 300 % por 30 seg.
nerales) ó 425 % por 5 seg.
- Altitud de instalación 14850 Ft. (4500 mts.)
- Secuencia de fases potencia entra A - B - C
da
- Temperatura ambiente 0° a 40°C cerrada
50°C abierta
- Corriente límite de arranque Ajustable de 150 % a 425 %
(nominal) de la corriente
de placa del motor.
- Corriente límite de operación 600 % (nominal) de la co-
rriente de placa del motor
(no ajustable).

- Protección del circuito del motor (circuit breaker arriba de los 400 A.)

Ajustable bajo y alto (de fábrica en baja posición).

- Carga límite

La unidad o corriente retrasada sólo para el factor de potencia de la carga. Factor de potencia en adelanto (capacitiva) no es aceptado.

- Capacidad de corriente

Son las siguientes:

Arrancador

Propósitos generales

Corriente

Size

Corriente de operación RMS

térmica RMS (60 HZ)

S

180 A.

300 A.

Corriente

térmica RMS (50 HZ)

280 A.

4.7 = Especificaciones técnicas del arrancador eléctrico del motor de rotor bobinado.

El arrancador es de tipo manual, marca GENERAL ELECTRIC, de las siguientes características eléctricas:

Resistencia aproximada por división.

Sección	OHMS
$R1 - R2 = R1 - R3 = R1 - R4$	= 0.45
$R2 - R5 = R3 - R6 = R4 - R7$	= 0.19
$R5 - R8 = R6 - R9 = R7 - R10$	= 0.10
$R8 - R11 = R9 - R12 = R10 - R13$	= <u>0.04</u>
Resistencia total por fase	0.78 OHMS

Se compone de las siguientes unidades:

3 unidades de cajas 109141 A 001 A 205

3 unidades de cajas 109141 A 001 A 102

6

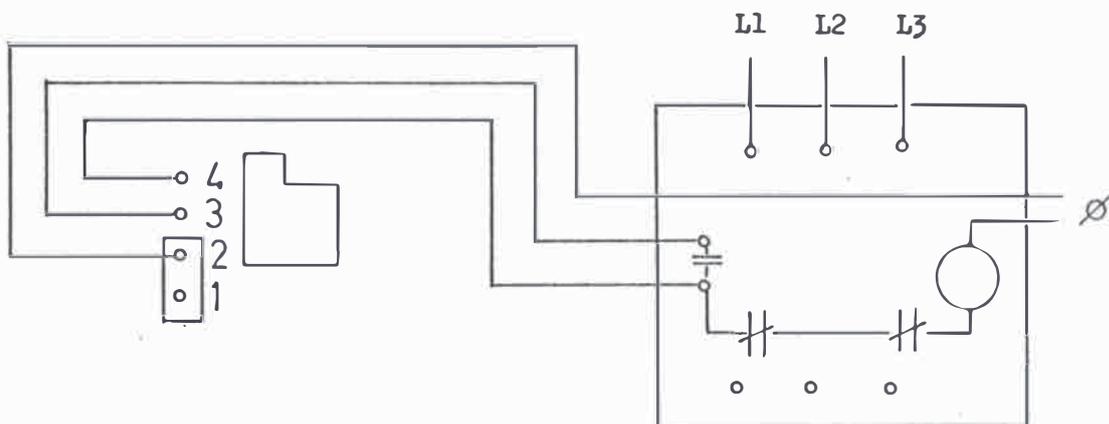
Total de cajas para conexión que deben ser suministradas e instaladas, de acuerdo con el diagrama de control (fig. 19).

Seguidamente presentamos las figuras 20 y 21 en las que se muestran el diagrama de control tipo tambor con el banco de resistencias y el diagrama de resistencias del motor de rotor bobinado.

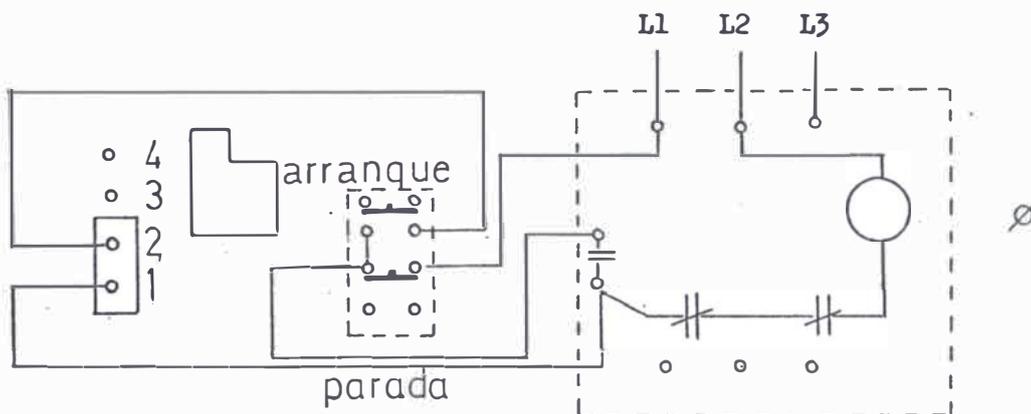
Nota:

Conectar al sistema de tierra la estructura soporte de resistencias y el control tipo tambor.

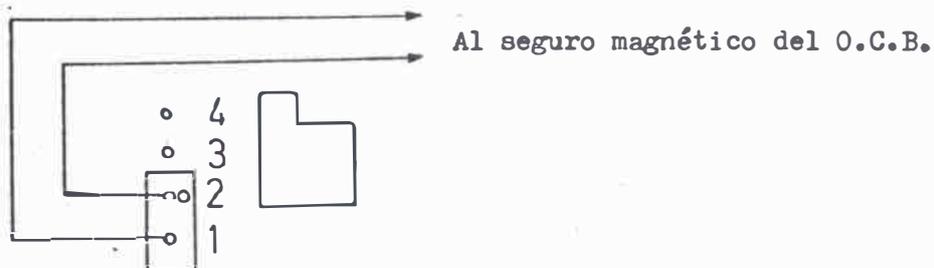
Fig. 19 Diagrama de control



El interruptor magnético CR - 7006 con el primario.



El interruptor magnético CR - 7006 con el primario y estación de pulsadores.



El primario con el O.C.B.

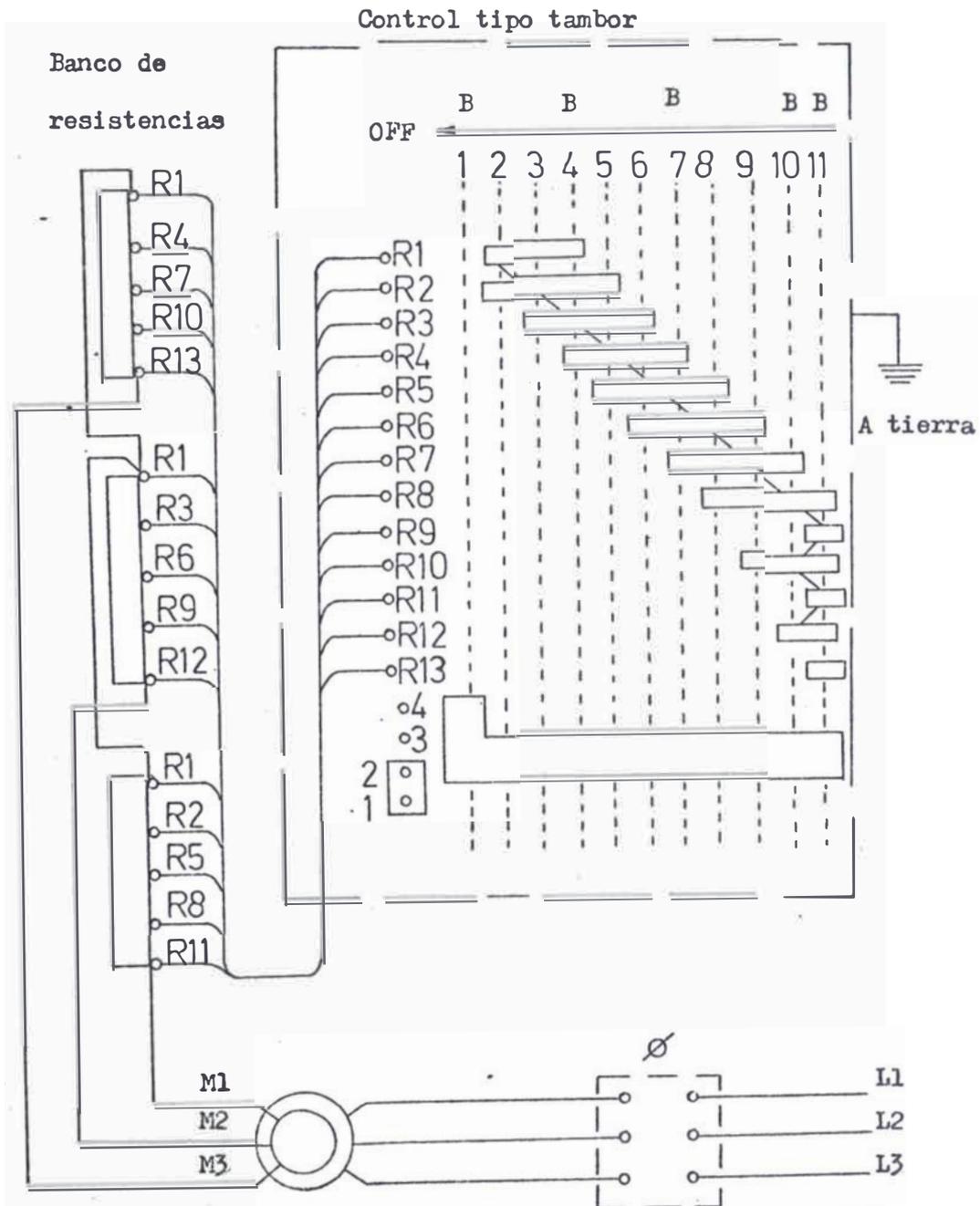


Fig. 20 : Diagrama de control tipo tambor con el banco de resistencias.

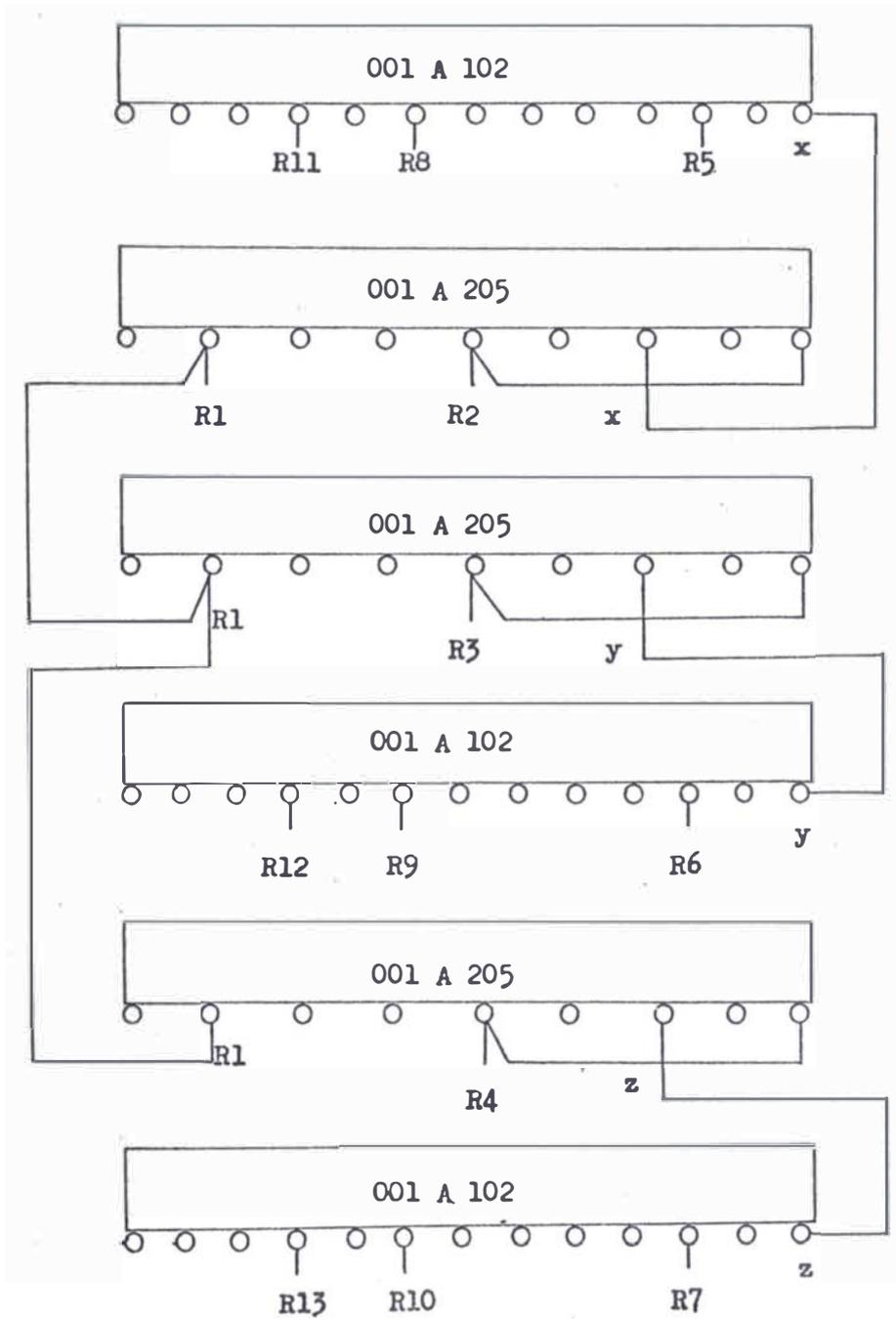


Fig. 21 : Diagrama de resistencias del motor de rotor bobinado.

4.8 - Especificaciones técnicas del sistema de puesta a tierra.

La malla de tierra estará compuesta de:

a) Cables de la malla de tierra.

En la malla principal se pondrá cable de cobre desnudo No. 4/0 AWG, y en las derivaciones o soldados a los equipos o estructuras será No. 2/0 AWG, de las siguientes características:

- Descripción:

Cable concéntrico formado por 7 y 19 hilos de cobre desnudo de temple suave, con una conductividad de 100 %.

- Especificaciones:

ASTM B1, B2 y B3 para conductores sólidos.

ASTM B8 para los conductores cableados.

- Temperatura de operación:

80 C máxima

- Características particulares:

1.- Alta resistencia a la corrosión química en zonas con atmósfera salobre como en lugares próximos al mar y en zonas industriales donde pueden estar sometidos a la acción de humos y vapores corrosivos.

2.- Cuidadoso proceso de manufactura y control de calidad que aseguran los mejores valores de conductividad, ductibilidad, resistencia a la tracción y a la fatiga, etc.

b) Electrodo de tierra.

Son varillas de COPPERWELD de $3/4'' \phi \times 8' - 0''$ de longitud, que son enterradas en el terreno empleando pozos diseñados para tal efecto, según práctica usual.

La resistencia de la malla de tierra tendrá un valor no mayor a 5Ω .

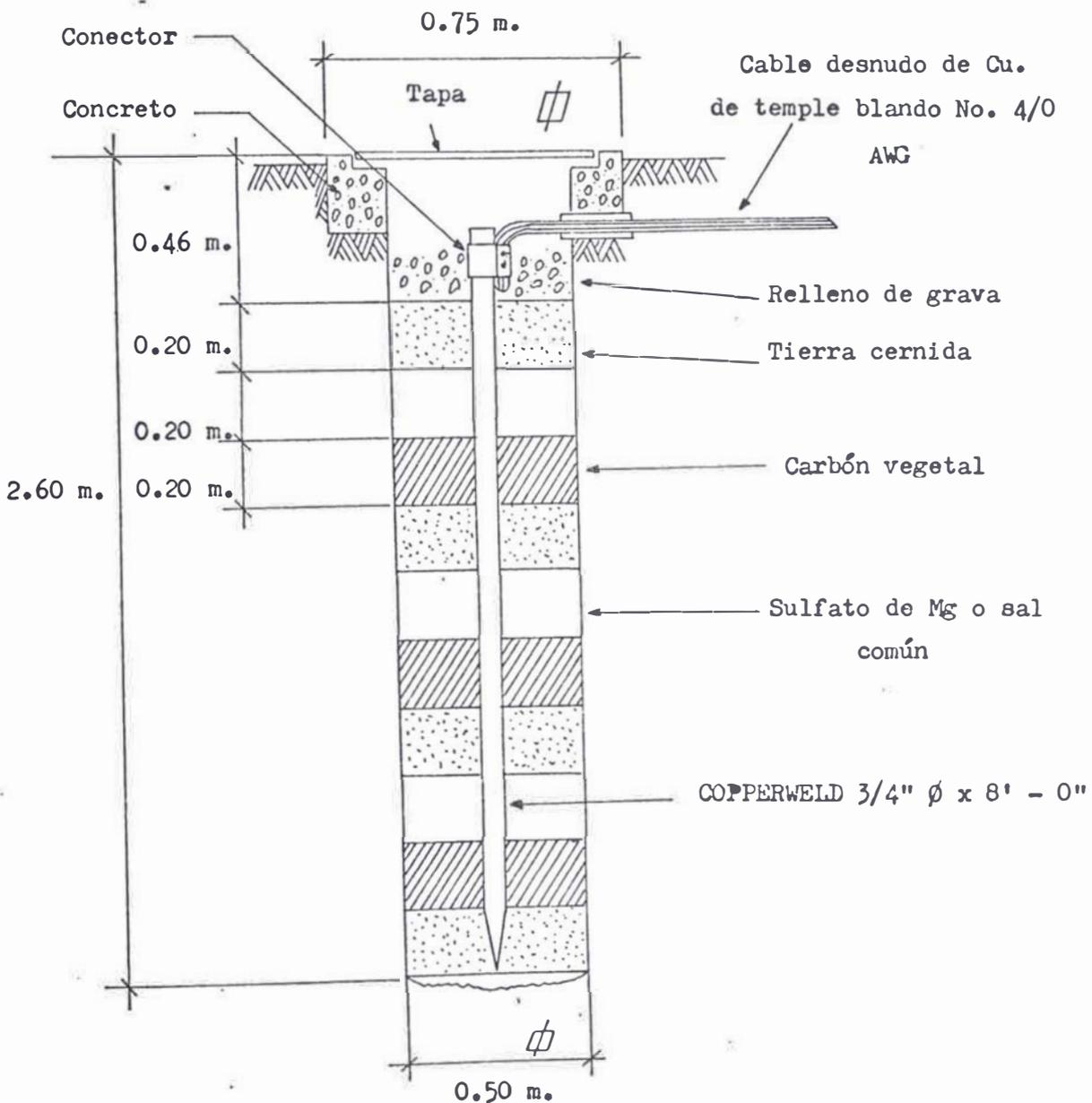


Fig. 22 : Pozo de puesta a tierra

4.9 - Especificaciones técnicas de los pararrayos.

- Marca	SPRECHER + SCHUH
- Tipo	EHF 7 DC a prueba de explosión
- Norma	IEC 99 - 1, 16 KA ef. 0.25 (primera media onda asimétrica con 27 KA de cresta.
- Corriente nominal de descarga 8/20 μ s	10 KA.
- Impulso de alta corriente de corta duración 4/10 μ s	100 KA.
- Impulso de corriente de larga duración (onda rectangular) 2000 μ s	150 A.
- Frecuencia nominal	48 - 62 HZ.
- Tensión nominal eficaz (1)	3 KV.
- Tensión disruptiva a frecuencia industrial (48 a 62 HZ). Valor mínimo eficaz	5.3 KV.
- Máxima tensión disruptiva para impulso de tensión	
a) 100% de escarpado (impulso 1.2/50 μ s)	11 KV.
b) Frente escarpado de onda (2)	13 KV.

- Máxima tensión residual para impulso de corriente 8/20 μ s.

a) 5 KA	8.7 KV. cresta
b) 10 KA	9.6 KV. cresta
c) 20 KA	11 KV. cresta

- Distancia de aislamiento

superior inferior	280 mm.
-------------------	---------

- Dimensiones

a) Altura total	260 mm.
b) Distancia del electrodo de arco al señalizador de defecto	170 mm.
c) Diámetro total	142 mm.

- Peso 5.3 Kg.

Notas:

(1) Máxima tensión permisible a ser aplicada, conforme IEC publicación 99 - 1.

Pueden ser usados pararrayos para todos los valores intermedios de tensión con un escalamiento de 1.5 kV (los valores de tensión residual y disruptiva intermedios pueden ser determinados por interpolación).

(2) Gradiente de tensión conforme IEC, publicación 99 - 1 (100 KV/ μ s para 12 KV de tensión nominal del pararrayos).

Definiciones:

1) Tensión nominal.

Es el valor eficaz máximo de la tensión, a la frecuencia de servicio, aplicada a los bornes del pararrayos, bajo la cual el pararrayos debe tener un funcionamiento perfecto.

2) Coeficiente de puesta a tierra.

Es la relación entre los valores eficaces de la tensión máxima fase-tierra, en el punto de la instalación del pararrayos, en caso de cortocircuito a tierra (independiente del lugar de la falla) y la tensión compuesta más elevada de la red.

Se denominan redes efectivamente puestas a tierra a las redes cuyo coeficiente de puesta a tierra no sobrepasa el 80 %.

3) Nivel de aislamiento.

Se define como los valores de tensión de prueba que el aislamiento de los equipos sometidos a prueba deberán ser capaces de soportar.

Hasta $V_m = 245 \text{ KV}$: Prueba de tensión de impulso (por rayo) y prueba a frecuencia industrial por 1 minuto.

Sobre $V_m = 300 \text{ KV}$: Pruebas de tensión de impulso (por rayo y maniobra) y prueba a frecuencia industrial por 1 minuto.

Siendo V_m la máxima tensión eficaz de servicio, medida entre fases.

4) Nivel de protección.

Es el mayor de los siguientes valores:

- Tensión de cebado al impulso de frente escarpado (Def. 7), dividida

por 1.15.

- Tensión de cebado al impulso 1.2/50 μ s (Def. 5).

- Tensión residual con corriente de descarga nominal - (Def. 6).

En los pararrayos modernos estos valores son aproximadamente de la misma magnitud.

5) Tensión de cebado al impulso.

Es el valor más elevado de la tensión que aparece en los bornes del pararrayos, antes de la descarga de corriente, durante la aplicación de un impulso de forma de onda y polaridad dadas. Este valor se determina por medio de 10 impulsos positivos y 10 impulsos negativos de 1.2/50 μ s.

6) Tensión residual.

Es la caída de tensión más elevada que se produce en el pararrayos durante el paso de una corriente de descarga. Este valor se determina mediante 20 impulsos de corriente como mínimo, de forma de onda 8/20 μ s, cuyos valores se encuentran uniformemente repartidos en un campo de 0.5 2.0 veces la corriente nominal.

7) Tensión de cebado al impulso de frente escarpado.

Es el valor más elevado de la tensión que aparece en los bornes del pararrayos, antes de la descarga de corriente, durante la aplicación de un impulso con pendiente de frente dada (lineal).

4.10 - Especificaciones técnicas del sistema de iluminación.

Para la iluminación general de la planta hemos empleado los siguientes tipos de artefactos:

Artefacto tipo A

Es un artefacto hermético JOSFEL, compuesto de los siguientes elementos:

- Casco: de material plástico anticorrosivo con sistema de anclaje para fijar al techo o colgar con cadenas, provisto de dos perforaciones para tubo conduit o prensa-estopas.

- Chasis: porta-equipos de acero fosfatizado y esmaltado en blanco y secado al horno a 120°C, provisto de sockets de seguridad con rotor para un perfecto funcionamiento de los tubos fluorescentes.

- Difusor: plástico cristal resistente a los rayos ultravioletas, provisto de una empaquetadura de tipo neumática en jebe tropicalizado HYPALON; fijado al casco con seis sujetadores de acción rápida; de acero inoxidable y templados para conseguir una perfecta hermeticidad y resistencia a la corrosión.

- Rejilla: de alambre 3/16" Ø acero fosfatizado y galvanizada, fijada al casco con cuatro sujetadores de acción rápida en acero inoxidable.

Modelo	Tipo de lámpara	Watts consumidos lumens		Horas de vida
		Watts	lumens	
AH - 240	Fluo. 2 x 40 W	96 watts	6,300	12,000
AH - 340	Fluo. 3 x 40 W	148 watts	9,450	12,000

- Dimensiones:

Largo	1287 mm.
Ancho	185 mm.
Altura	130 mm.

Artefacto tipo B

Es un artefacto reflector tipo industrial JOSFEL, compuesto de los siguientes elementos:

- Reflector de aluminio super puro abrillantado y anodizado.

Caja porta-equipo de plancha de fierro fosfatizado, esmaltada al horno en color gris mate.

Socket goliat E - 40 de porcelana antivibratorio.

Luna de vidrio tubular templada con empaquetadura neumática que permite la hermetización de la caja al reflector cuya fijación es por medio de cuatro mariposas.

- Caja porta-equipo fácilmente desarmable sin uso de herramientas a base de tres sujetadores de acción rápida de acero inoxidable.

- Luna del reflector de vidrio templado con empaquetadura neumática.

Sistema de anclaje del vidrio al reflector para facilitar el mantenimiento.

- Sistema de cierre de la luna de aluminio fundido con pernos tipo mariposa.

- Fijación del artefacto por medio de un niple de 3/4" soldado en la parte superior de la caja.

Modelo	Potencia de lámpara
MER - 140 H	250 W. vapor mercurio
	400 W. vapor mercurio

- Dimensiones:

∅ Caja porta-equipó	300 mm.
∅ Reflector	470 mm.
Altura total	670 mm.

Artefacto tipo C

Es un artefacto hermético con super reflector para lámparas de vapor de mercurio JOSFEL, compuesto de los siguientes elementos:

Reflector de aluminio puro, prensado de una sola pieza, abrillantado y anodizado. No se necesitan herramientas para sacarlo.

- Tornillo de fijación del reflector.

- Soporte para lámpara. La lámpara puede ser enfocada en forma horizontal "O - X" y vertical "O - Z"; se entrega enfocado en posición media, fácil de sacar desconectando los alambres; posee clavija de seguridad con capacidad para 15 A., fácil acceso y ajuste sin herramientas.

- Tornillos de enfoque, para que la lámpara pueda ser enfocada en forma horizontal y vertical.
- Clavija de seguridad.
- Cubierta de vidrio o plástico.
- Cuerpo de aluminio fundido, el cual es un alojamiento de aleación de aluminio fundido con balastro fijo a tapa removible. Posee fijadores de acción rápida de acero inoxidable y empaquetadura de HIPA-ION tropicalizado para sujetar y hermetizar la cubierta de plástico o vidrio.
- Retén del cable.
- Grampa de fijación al pastoral.

Conexión a tierra.

- Regleta de bornes.
- Tapa removible.
- Pestillo.
- Clavija de conexión primaria.

Dimensiones exteriores en mm.		
Largo	Ancho	Alto
1000	374	310

Modelo B I H 100 con lámpara de vapor de mercurio			
Watts	Lumens	Nro. Cat.	Peso sin balastro (Kg)
250	13,500	BIH - 100	5.125
400	23,000	BIH - 100	5.125

4.11 - Protocolo de pruebas y puesta en servicio.

Se informará oportunamente por escrito la fecha de terminación del montaje y el programa de pruebas, antes de la puesta en servicio de las instalaciones.

La división responsable del montaje proporcionará los instrumentos y la mano de obra calificada para las pruebas. Una vez terminado el montaje electromecánico, solicitarán a la división originadora del proyecto la "aprobación preliminar del montaje electromecánico".

Posteriormente a dicha aprobación, se realizará el programa de pruebas, debiendo estar presente en ellas el o los ingenieros de las divisiones originadoras del proyecto y la ejección del mismo, para lo cual esta última avisará por escrito el inicio de las pruebas con la debida anticipación.

Realizado a satisfacción el programa de pruebas, se procederá a otorgar la "aprobación definitiva del montaje, pruebas y puesta en ser-

vicio ", una vez que se hayan subsanado las pequeñas deficiencias que se hubieran encontrado en el montaje o en las pruebas.

Finalmente se entregarán los planos y esquemas del proyecto corregidos, conteniendo las modificaciones que se hayan podido originar durante la ejecución de las obras.

Las pruebas que deberán incluirse en el protocolo de pruebas son:

- Accionamiento mecánico de los equipos.
- Accionamiento eléctrico de los equipos.
- Regulación de los equipos de protección.
- Verificación de las tensiones, es decir, si están de acuerdo con las normas eléctricas.
- Aislamiento de todos los equipos eléctricos.
- Aislamiento de los circuitos secundarios.
- Enclavamiento del sistema de automatización.
- Contraste de los instrumentos de medición
- Una buena puesta a tierra.
- Verificación de ajuste de pernos y bornes de todos los equipos eléctricos.

Además se proporcionará al originador del proyecto dos juegos completos de los planos eléctricos del montaje y todos los catálogos técnicos para la operación y mantenimiento de los equipos eléctricos.

V

METRADO Y PRESUPUESTO

En esta parte del trabajo presentamos un estimado de costos que abarca: Ingeniería del proyecto, Administración del proyecto, Montaje de equipos eléctricos, Puesta en marcha de la planta, Materiales y equipos eléctricos.

Este presupuesto está basado en costos estimados a la fecha.

Ingeniería del proyecto	11'000,000.-
Administración del proyecto	10'000,000.-
Montaje de equipos eléctricos	120'000,000.-
Puesta en marcha de la planta	10'000,000.-
Sub - total	\$ 151'000,000.-

A continuación presentamos el metrado y presupuesto al detalle de todos los materiales y equipos eléctricos que se utilizarán para el presente proyecto.

Cantidad	Descripción	Precio unitario	Sub - total
1	Disyuntor de potencia en pequeño volumen reducido de aceite, de las siguientes características: - Tensión nominal 6/7.2 KV. - Intensidad nominal 630 A. - Intensidad de corto circuito 30 KA. - Potencia de ruptura 150 MVA.	71'280,000.	71'280,000.
1	Seccionador tripolar para instalación interior, con celda: - Tensión nominal 12 KV. - Intensidad nominal 630 A. - Intensidad máxima instantánea 36 KA.	20'000,000.	20'000,000.
1	Transformador de potencia sumergido en aceite: - Potencia 1000 KVA. - Fases 3 - Relación de transformación 2.4/0.44 KV.	75'000,000.	75'000,000.
1	Celda conteniendo los siguientes equipos: 1 interruptor termomagnético Intensidad nominal 1250 A. fases 3 Tensión nominal 660 V AC Capacidad ruptura 30 KA a 660 V AC 1 interruptor termomagnético Intensidad nominal 1600 A. Fases 3		

	<p>Tensión nominal 660 V AC Capacidad ruptura 35 KA a 660 V AC 3 amperímetros de bobina mó- vil 0 - 1500 A AC 1 voltímetro de bobina móvil 0 - 600 V AC 1 conmutador voltímetro 3 transformadores de intensi- dad 1500/5 A. 2 transformadores de tensión 440/120 V.</p>	45'000,000.	45'000,000.
1	<p>Bus Bar planta de chancado 4.5 mts. de platina de cobre 80 x 10 mm. 6 aisladores de porcelana de 1 KV.</p>	2'000,000.	2'000,000.
1	<p>Interruptor termomagnético Intensidad nominal 630 A. Fases 3 Tensión nominal 660 V AC Capacidad ruptura 42 KA a 440 V AC</p>	8'200,000.	8'200,000.
2	<p>Interruptor termomagnético Intensidad nominal 400 A. Fases 3 Tensión nominal 660 V AC Capacidad ruptura 35 KA a 440 V AC</p>	5'200,000.	10'400,000.
2	<p>Interruptor termomagnético Intensidad nominal 200 A. Fases 3 Tensión nominal 660 V AC Capacidad ruptura 22 KA a 440 V AC</p>	2'274,000.	4'548,000.

1	<p>Interruptor termomagnético</p> <p>Intensidad nominal 160 A.</p> <p>Fases 3</p> <p>Tensión nominal 660 V AC</p> <p>Capacidad ruptura 14 KA a 440 V AC</p>	2'080,000.	2'080,000.
2	<p>Interruptor termomagnético para la zaranda y alimentador de 3 x 50 A., 660 V AC, 10 KA a 440 V AC de capacidad de ruptura.</p>	650,000.	1'300,000.
1	<p>Interruptor termomagnético para TRAF0 de control, de 3 x 70 A., 660 V AC, 15 KA a 440 V AC de capacidad de rup tura.</p>	910,000.	910,000.
1	<p>Interruptor termomagnético para iluminación interior de 3 x 100 A., 660 V AC, 20 KA a 440 V AC de capacidad de ruptura.</p>	1'300,000.	1'300,000.
1	<p>Interruptor termomagnético para alimentación de consola de mando de 2 x 30 A., 660 V AC, 10 KA a 240 V AC de capa cidad de ruptura.</p>	390,000.	390,000.
1	<p>Interruptor termomagnético para iluminación exterior de 2 x 50 A., 660 V AC, 20 KA a 240 V AC de capacidad de rup tura.</p>	528,000.	528,000.
1	<p>Seccionador del tipo cuchilla para motor de la chancadora:</p>		

	Intensidad nominal . 400 A. Fases 3 En caja hermética	2'520,000.	2'520,000.
1	Seccionador del tipo cuchilla para motor de la faja chica, de 100 A., 3 Ø	630,000.	630,000.
1	Seccionador del tipo cuchilla para motor de la tornamesa, de 50 A., 3 Ø	350,000.	350,000.
1	Centro de control de motores para 440 V-220 V, compuesto de celdas para los siguientes equipos: Arrancador para faja chica de 50 HP, 440/220 V, 1750 RPM. 60 HZ. Arrancador para la tornamesa de 5 HP, 440/220 V, 1630 RPM. 60 HZ. Arrancador para la faja metálica o alimentador de 15 HP, 440/220 V, 1150 RPM, 60 HZ. Arrancador para la zaranda o vibrador de 20 HP, 440/220 V, 1780 RPM, 60 HZ. Espacio adecuado para la ubicación del control de la bomba de lubricación No. 1 de 1 HP., 460/230 V, 1750 RPM, 60 HZ. Espacio adecuado para la ubicación del control de la bomba de lubricación No. 2 de 1 HP, 460/230 V, 1750 RPM, 60 HZ.		

	<p>Espacio adecuado para la ubicación de: control de la grúa de 5 HP, 1750 RPM; control de motor portacable 25 HP, 1730 RPM; control del motor del <u>ca</u> <u>rro</u> 2 HP, 1617 RPM.</p> <p>2 breakers termomagnéticos de 50 y 100 A.</p> <p>1 breaker termomagnético de 70 A.</p> <p>2 breakers termomagnéticos de 30 A. para alumbrado.</p> <p>4 espacios libres de reserva; dos para control de 15 HP y dos de 30 HP.</p> <p>2 espacios libres.</p>	35'755,064.	35'755,064.
1	<p>Consola de mando y control <u>pa</u> <u>ra</u> el sistema de automatiza- ción de la chancadora.</p>	16'837,712.	16'837,712.
1	<p>Transformador de distribución sumergido en aceite,</p> <p>Potencia 25 KVA</p> <p>Fases 3</p> <p>Relación de trans- formación 440/220 - 110V</p>	9'000,000.	9'000,000.
1	<p>Arrancador eléctrico para mo- tor de rotor bobinado, compues- to por:</p> <p>Arrancador manual tipo tambor Para motor de 200 HP, 440 V.</p> <p>Resistencias de arranque</p> <p>1 seccionador 3 ϕ de 3 x 400 A., 440 V AC.</p>	157'706,500.	157'706,500.
2	<p>Arrancador electrónico a ten- sión reducida, compuesto por:</p>		

	Arrancador automático Paramotor de inducción de 125 HP., 440 V. Voltaje del circuito de po- tencia, 460 V AC.	70'529,600.	141'059,200.
1	Motor de inducción de rotor bobinado de 200 HP, 440/220 V 585 RPM	294'723,000.	294'723,000.
2	Motor de inducción tipo jaula de ardilla de 125 HP, 440 V, 1165 RPM, clase C	50'412,694.	100'825,388.
1	Motor de inducción tipo jaula de ardilla para faja transpor- tadora chica, de 50 HP, 440/ 220 V, 60 HZ, 1780 RPM, clase C.	15'042,500.	15'042,500.
1	Motor de inducción jaula de ardilla para la tornamesa de 5 HP, 440/220 V, 60 HZ, 1630 RPM, clase B.	2'174,000.	2'174,000.
1	Motor de inducción jaula de ardilla para el alimentador de 15 HP, 440/220 V, 60 HZ, 1150 RPM, clase B.	5'840,200.	5'840,200.
1	Motor de inducción jaula de ardilla para la zaranda, de 20 HP, 440/220 V, 60 HZ, 1200 RPM, clase C.	8'620,200.	8'620,200.
2	Motor de inducción jaula de ardilla para las bombas de lu- bricación, de 1/4 HP, 440/220 V., 60 HZ, 1725 RPM, clase B.	480,000.	960,000.

1	Motor de inducción de rotor bobinado para traslación de la grúa, de 5 HP, 440/220 V., 60 HZ, 1750 RPM, clase E.	7'368,000.	7'368,000.
1	Motor de inducción de rotor bobinado para izaje de la grúa, de 25 HP, 440/220 V., 60 HZ, 1730 RPM, clase E.	36'840,375.	36'840,375.
1	Motor de inducción de rotor bobinado para movimiento lateral de la grúa, de 2 HP, 440/220 V, 60 HZ, 1617 RPM, clase E	2'947,230.	2'947,230.
6	Push-botton de arranque y parada, hermético, para motor industrial.	158,642.	951,852.
5	Tomacorrientes para máquina de soldar, 440 V, 100 A.	15,000.	75,000.
1	Tablero de distribución del tipo para empotrar, equipado con interruptores termomagnéticos, de las siguientes características: (01) Interruptor general de 3 x 100 A, 25 KA, a 240 V AC. (03) Idem de 2 x 30 A, 10 KA a 240 V AC. (02) Idem de 2 x 20 A, 10 KA a 240 V AC. (05) Idem de 2 x 15 A, 10 KA a 240 V AC. (02) Idem de 2 x 10 A, 10 KA a 240 V AC. (03) Espacios de reserva	3'200,000.	3'200,000.

62	Artefacto de iluminación hermético, tipo A (2), modelo AH-240 de JOSFEL, con lámparas	626,660.	38'852,920.
24	Artefacto de iluminación hermético, tipo A (3), modelo AH-340 de JOSFEL, con lámparas	700,000.	16'800,000.
8	Artefacto reflector tipo industrial, tipo B, modelo Mer-140H con lámpara de vapor de mercurio de 400 W., para iluminación interior.	1'310,996.	10'487,968.
8	Artefacto reflector hermético tipo C, modelo BIH-100, con lámpara de vapor de mercurio de 400 W., para iluminación exterior.	764,046.	6'112,368.
25	Tomacorrientes simples a prueba de agua (WP), de 440 V., 30 A., a instalarse en toda la planta.	50,000.	1'250,000.
94	Cajas octogonales de fierro galvanizado del tipo pesado de 4" x 1 1/2", con agujero de 1/2" - 3/4", llevará dos orejas con agujero roscado.	6,000.	564,000.
30	Cajas rectangulares de fierro galvanizado del tipo pesado de 4" x 2 1/8" x 1 7/8", con agujero de 3/4", llevará dos orejas con agujero roscado.	6,000.	180,000.
25	Cajas cuadradas de fierro galvanizado del tipo pesado de 4" x 4" x 2 1/8", con agujero de		

	3/4" - 1 ", llevará dos orejas con agujero roscado.	6,000.	150,000.
3 PZ	Tubería Conduit de 5" ϕ , galvanizado del tipo pesado, con copla (3 mts. c/u)	734,395.	2'203,185.
180 PZ	Tubería Conduit de 3" ϕ , galvanizado del tipo pesado, con copla (3 mts. c/u)	205,672.	37'020,960.
120 PZ	Tubería Conduit de 2" ϕ , galvanizado del tipo pesado, con copla (3 mts. c/u)	131,928.	15'831,360.
64 PZ	Tubería Conduit de 1 1/2" ϕ , galvanizado del tipo pesado, con copla (3 mts. c/u)	97,408.	6'234,112.
20 PZ	Tubería Conduit de 1 1/4" ϕ , galvanizado del tipo pesado, con copla (3 mts. c/u)	79,294.	1'585,880.
124 PZ	Tubería Conduit de 1" ϕ , galvanizado del tipo pesado, con copla (3 mts. c/u)	61,179.	7'586,196.
89 PZ	Tubería Conduit de 3/4" ϕ , galvanizado del tipo pesado, con copla (3 mts. c/u)	42,723.	3'802,347.
1201 PZ	Tubería Conduit de 1/2" ϕ , galvanizado del tipo pesado, con copla (3 mts. c/u)	33,085.	39'735,085.
11	Caja Condulet tipo C, 1 1/2" ϕ	10,000.	110,000.
4	" " " C, 1 1/4" ϕ	8,500.	34,000.
21	" " " C, 1 " ϕ	7,500.	157,500.
10	" " " T, 1" ϕ	8,000.	80,000.

6	Caja Condulet tipo LL, 1" ϕ	8,500.	51,000.
6	" " " IR, 1" ϕ	8,500.	51,000.
6	" " " LB, 1" ϕ	8,500.	51,000.
15	" " " C, 3/4" ϕ	7,000.	105,000.
8	" " " T, 3/4" ϕ	7,500.	60,000.
5	" " " LL, 3/4" ϕ	8,000.	40,000.
5	" " " LR, 3/4" ϕ	8,000.	40,000.
5	" " " LB, 3/4" ϕ	8,000.	40,000.
200	" " " C, 1/2" ϕ	6,500.	1'300,000.
100	" " " T, 1/2" ϕ	7,000.	700,000.
50	" " " LL, 1/2" ϕ	7,500.	375,000.
50	" " " LR, 1/2" ϕ	7,500.	375,000.
50	" " " LB, 1/2" ϕ	7,500.	375,000.
8	Postes de concreto de 8 mts. de longitud.	300,000.	2'400,000.
8	Cortacircuitos para ilumina- ción exterior.	15,000.	120,000.
6 MT.	Tubería Conduit flexible de 3" ϕ	410,000.	2'460,000.
6 MT.	Tubería Conduit flexible de 2" ϕ	264,000.	1'584,000.
5 MT.	Idem 1 1/2 " ϕ	196,000.	980,000.
5 MT.	Idem 1 1/4 " ϕ	160,000.	800,000.
25 MT.	Idem 1" ϕ	124,000.	3'100,000.
50 MT.	Idem 3/4" ϕ	86,000.	4'300,000.
50 MT.	Idem 1/2" ϕ	66,000.	3'300,000.
6	Conector recto galvanizado de 3" ϕ	9,000.	54,000.

8	Conector recto galvanizado de 2" ϕ	7,500.	60,000.
4	Idem 1 1/2" ϕ	6,300.	25,200.
4	Idem 1 1/4" ϕ	5,000.	20,000.
25	Idem 1" ϕ	4,000.	100,000.
50	Idem 3/4" ϕ	2,800.	140,000.
50	Idem 1/2" ϕ	1,800.	90,000.
30	Prensa-estopas galvanizadas de 1" ϕ	4,000.	120,000.
20	Idem 3/4" ϕ	2,800.	56,000.
50	Idem 1/2" ϕ	1,800.	90,000.
250 MT.	Cable de energía tripolar de 3 x 120 mm ² , tipo N2YSY, 5KV.	197,534.	49'383,500.
400 MT.	Cable de energía tripolar de 3 x 70 mm ² , tipo NYN, 1 KV.	116,719.	46'687,600.
500 MT.	Cable de energía unipolar de 1 x 120 mm ² , tipo NYN, 1 KV.	59,687.	29'843,500.
250 MT.	Cable porta-electrodo SOLDA-FLEX o WS, calibre 2/0 AWG	42,124.	10'531,000.
600 MT.	Cable concéntrico desnudo temple blando calibre 4/0 AWG	49,740.	29'844,000.
300 MT.	Cable concéntrico desnudo temple blando calibre 2/0 AWG	33,500.	10'050,000.
180 MT.	Conductor de alambre de cobre tipo TW - 600 V., calibre 4 AWG	9,606.	1'729,080.
570 MT.	Conductor de alambre de cobre tipo TW - 600 V., calibre 2 AWG	14,067.	8'018,190.

180 MT.	Conductor de alambre de cobre tipo TW - 600 V, calibre 8 AWG	3,549.	638,820.
165 MT.	Conductor de alambre de cobre tipo TW - 600 V., calibre 10 AWG	1,642.	270,930.
240 MT.	Conductor de alambre de cobre tipo TW - 600 V., calibre 6 AWG	6,578.	1'578,720.
1680 MT.	Conductor de alambre de cobre tipo THW - 600 V., calibre 12 AWG (colores: blanco y negro)	1,042.	1'750,560.
7876 MT.	Conductor de alambre de cobre tipo THW - 600 V., calibre 14 AWG (colores: amarillo, azul, rojo, verde, blanco y negro)	700.	5'513,200.
404 MT	Cable del tipo NYY, de 2 x 25 mm ² , 600 V.	19,000.	7'676,000.
300 MT.	Alambre de acometida telefónico mellizo 2 x 18 AWG., tipo DWT	500.	150,000.
4	Interruptor de emergencia para ser jalado por ambos extremos, tipo Crouse Hinds modelo No. AFU-033-10 o similar	2'500,000.	10'000,000.
460 MT.	Cable de acero de 1/4" ϕ forrado con plástico para el sistema de parada de emergencia de la faja transportadora.	12,000.	5'520,000.
400	Tacos de 1/4" x 2 1/4" para suspender Conduit.	6,500.	2'600,000.

3	Brocas de 1/4"x 6" para perforar concreto.	180,000.	540,000.
100	Tacos de 1/2" x 3 3/4" para suspender Conduit	14,300.	1'430,000.
3	Brocas de 1/2"x 6" para perforar conrceto.	225,000.	675,000.
3	Pararrayos a prueba de explosión de 3 KV.	350,000.	1'050,000.
40	Terminales de cobre cadmiados tipo grampa para cable de 120 mm ² o 250 MCM.	6,000.	240,000.
30	Terminales de cobre cadmiados tipo grampa para cable de 70 mm ² ó 2/0 AWG.	5,000.	150,000.
5	Tuercas de FE. GV. 5" ø	7,000.	35,000.
30	Idem 3 " ø	6,000.	180,000.
40	Idem 2" ø	5,000.	200,000.
20	Idem 1 1/2" ø	4,000.	80,000.
40	Idem 1" ø	2,500.	100,000.
60	Idem 3/4" ø	2,000.	120,000.
100	Idem 1/2" ø	1,500.	150,000.
5	Contratuercas Fe.Gv. 5" ø	7,000.	35,000.
30	Idem 3" ø	6,000.	180,000.
40	Idem 2" ø	5,000.	200,000.
20	Idem 1 1/2" ø	4,000.	80,000.
40	Idem 1" ø	2,500.	100,000.
60	Idem 3/4" ø	2,000.	120,000.
100	Idem 1/2" ø	1,500.	150,000.

16	Electrodos COPPERWELD 3/4" ϕ x 8' - 0"	180,000.	2'880,000.
16	Conector o porta-electrodo.	6,500.	104,000.

Sub - Total Materiales Eléctricos 1529'086,402.

Sub - Total Ingeniería del Proyecto 151'000,000.

Total 1680'086,402.

(Imprevistos 10 %) 168'008,640.

Total actualizado \$ 1848'095,042.

Total en dólares americanos u\$s 308,016.

Este último importe ha sido calculado en base a precio dólar \$ 6,000.,
estimado a la fecha de la presente evaluación económica.

Conclusiones y recomendaciones.

- 1) Es importante aclarar que, antes de desarrollar un proyecto en general, el ingeniero encargado del diseño debe tener un acuerdo preciso tanto con el personal técnico que hará las operaciones como también con el que hará el mantenimiento eléctrico de las mismas. En lo posible, es recomendable levantar un acta de reunión en la que se an aclarados todos los puntos de necesidades que el ingeniero de diseño debe tratar de satisfacer para evitar problemas de operaciones en el futuro.
- 2) Se deben tomar cuidadosamente todos los parámetros del ambiente y datos técnicos de las placas de todos los equipos eléctricos, ya que el hecho de haberlos tomado erróneamente, llevaría a un mal concepto y diseño del proyecto, trayendo además como consecuencia, confusiones y pérdida de tiempo para el personal que se encuentra ejecutando el mismo.
- 3) Deben preverse los espacios y reservas de energía eléctrica para futuras ampliaciones, ya que el no hacerlo también ocasionaría series problemas en la planta, porque traería como consecuencia instalaciones improvisadas que no se adaptarían a las condiciones de servicio y seguridad de funcionamiento de la planta, así como también riesgos de accidentes para el personal.
- 4) Es sumamente importante la parte de seguridad para el personal de la planta, como por ejemplo, la obligatoria instalación de un interruptor de emergencia con cuerda para detener de inmediato las fajas transportadoras de minerales, en el momento en que se haya producido un accidente en las mismas.

5) También debe disponerse de un buen sistema de puesta a tierra para evitar cualquier contacto fortuito del operador con cualquier parte metálica expuesta a tensión debido a fallas de algún aislamiento, o accidente propio de una planta industrial. Inclusive, después del montaje de la planta debe hacerse una medición de la resistencia a tierra y verificar si ésta se encuentra dentro de los límites permisibles; si ello no es así, deben hacerse cumplir las normas eléctricas.

6) Se debe también tener especial cuidado en la selección de los accionamientos eléctricos de acuerdo a cada tipo de necesidad, ya que una incorrecta decisión traería problemas constantes en las operaciones.

7) Debe también solicitarse que todos los equipos eléctricos en general sean adecuados para el ambiente de trabajo: 4,500 metros sobre el nivel del mar, zona polvorienta de partículas de minerales, sustancias químicas altamente corrosivas para los equipos, ambiente fuertemente lluvioso con tormentas eléctricas gran parte del año.

8) Debido a que la zona es muy irregular, debe hacerse un buen estudio de topografía y trazar un correcto camino para el cable de energía eléctrica; para ello deben haberse estudiado todos los planos que contienen las trayectorias de las tuberías de agua, aire, petróleo, agua de mina, relave proveniente de la concentradora y minas, ya que por norma debe evitarse que el cable de energía se encuentre cerca de estas tuberías, porque podrían existir problemas de rotura de cualquiera de los anteriores; por consiguiente se produciría la paralización de la planta, trayendo consigo pérdidas en la producción.

9) Debemos también indicar que todos los canales, tuberías Conduit para los cables de energía, deben tener cierta pendiente para evitar la acumulación de agua de lluvia, aniego, etc., la cual debe ser conducida a un manhole o pozo de registro con su respectiva tubería de drenaje para evacuar el agua que es muy nociva para nuestro tipo de cable.

10) Necesariamente deben instalarse varios tubos de fierro galvanizado, de 7.5 m. de altura, constituidos por tres cuerpos de 3 m, 2 m y 1.50 m con diámetro de 3" ϕ , 2 1/2" ϕ y 2" ϕ respectivamente, dispuestos de cuatro vientos cada uno con dos puntos de amarre en el mástil y uno en el anclaje, para el sistema de pararrayos.

Además debe ubicarse en la parte superior del mástil de soporte la cabeza tipo ionizante, que es un elemento generador de iones, protector de descargas con un radio de protección de 100 mts.

El mástil irá provisto de grapa donde se conectará el cable de puesta a tierra.

El montador ubicará el mástil adecuadamente, proporcionándosele una base apropiada de sustentación, aspecto importante para la efectividad del sistema.

11) Para el desarrollo del presente proyecto, hacemos constar que ha habido una coordinación estrecha con ingenieros civiles, mecánicos y arquitectos, a efectos de llegar a un acuerdo en todos los detalles concernientes al mismo.

- Anexos

Para el presente trabajo se ha considerado importante indicar como anexos todos los detalles referentes a la instalación de cuatro interruptores de emergencia marca CROUSE HINDS, modelo AFU - 033 - 10, que se fijarán a ambos lados de la faja transportadora de minerales, con su respectiva cuerda de acero de 1/4" ϕ , ferradas con plástico.

Figura Nro. 1

Es un diagrama de conexiones de los interruptores de emergencia, los que deben ser conectados a la consola de mando en los terminales 69 y 70 de la misma.

Figura Nro. 2

En esta figura se muestran detalles de fijación del brazo portacables MC - A y el cable de acero de 1/4" ϕ a instalarse en el bastidor de la faja transportadora.

Figura Nro. 3

En esta figura se muestran detalles de instalación, del interruptor de emergencia CROUSE HINDS.

Figura Nro. 4

Se muestran las dimensiones del brazo portacable y una vista de perfil del interruptor de emergencia.

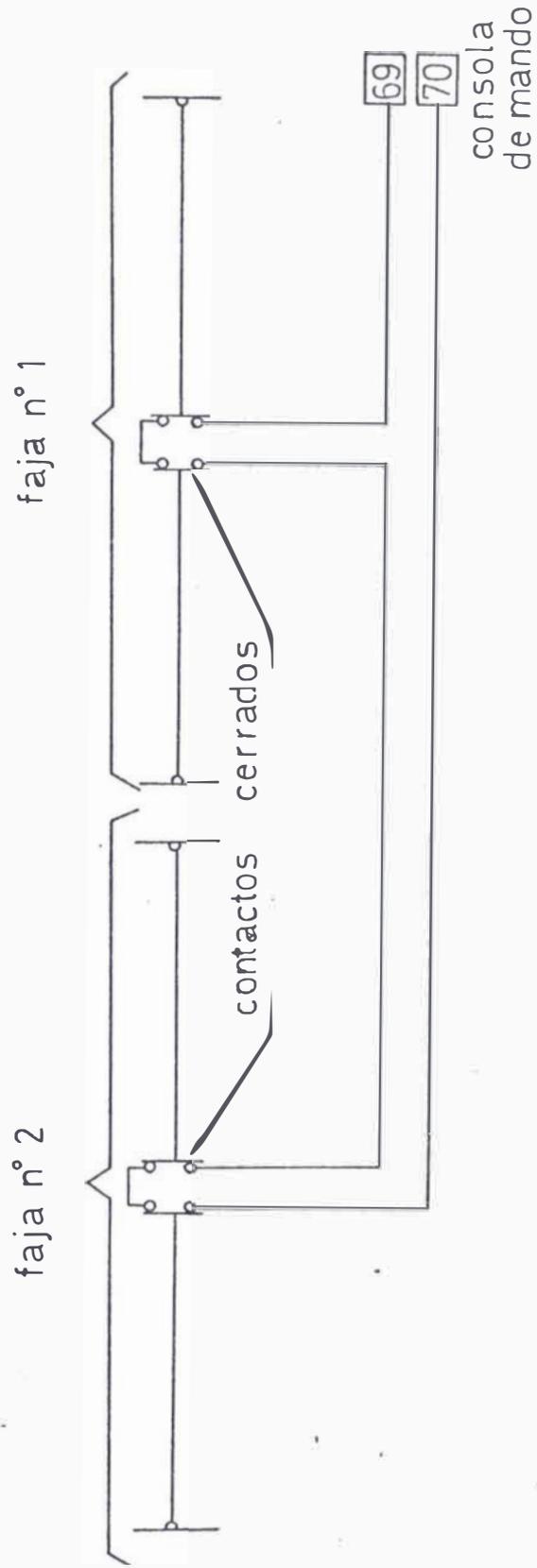
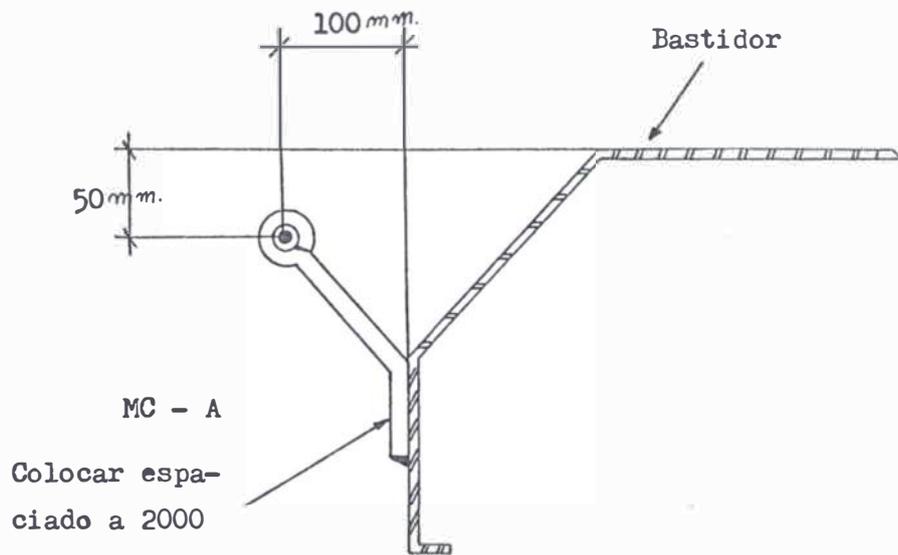


FIGURA Nro. 1



CORTE A - A

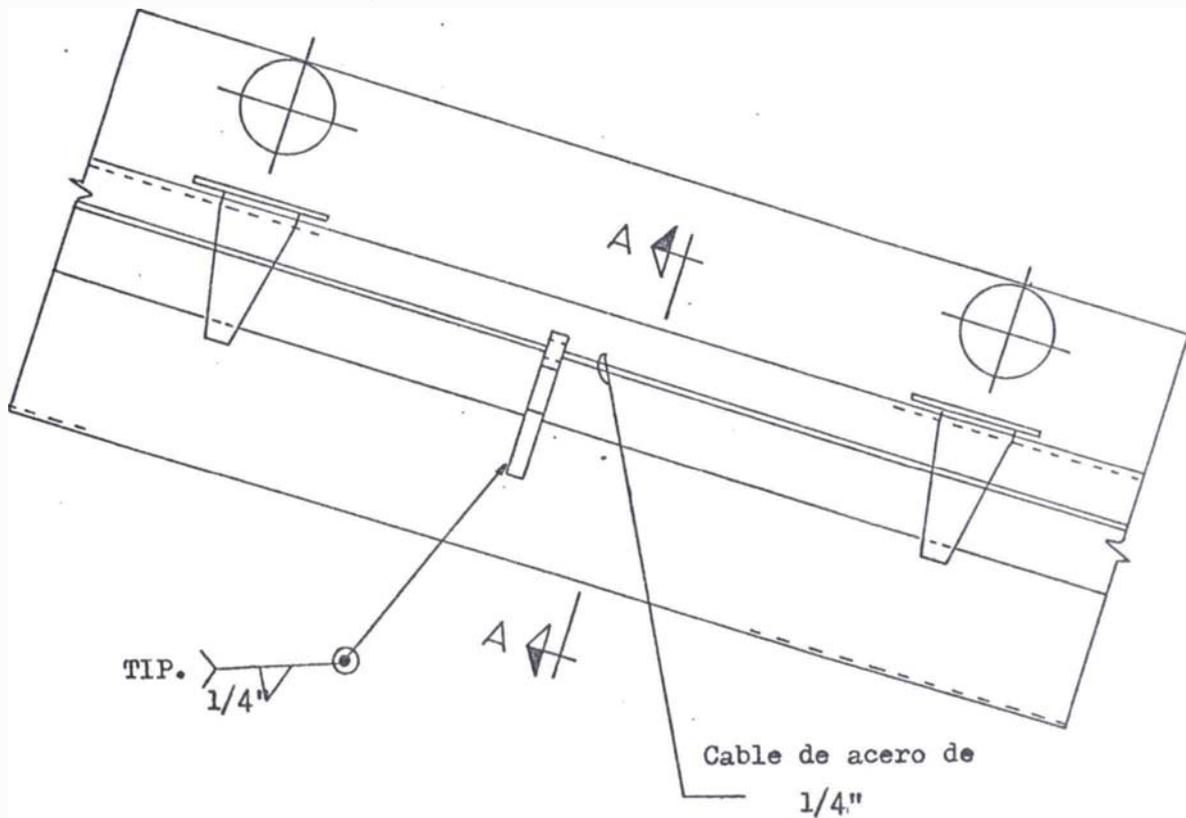


FIGURA Nro. 2

interruptor de emergencia
crouse hinds
AFU-033-10

cable de acero 1/4"

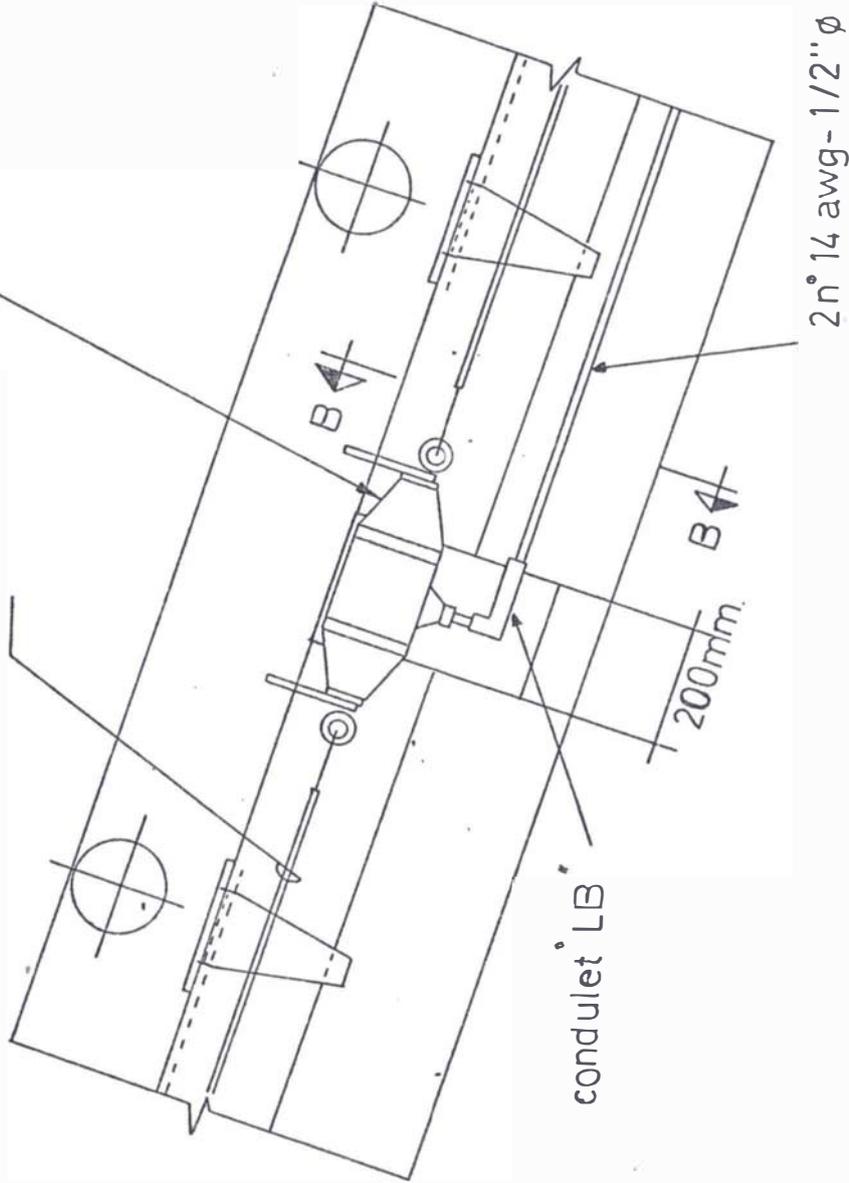
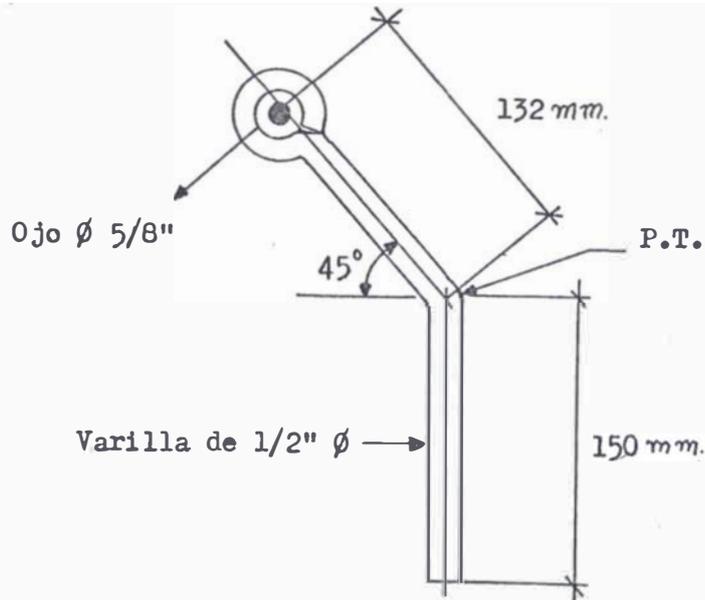
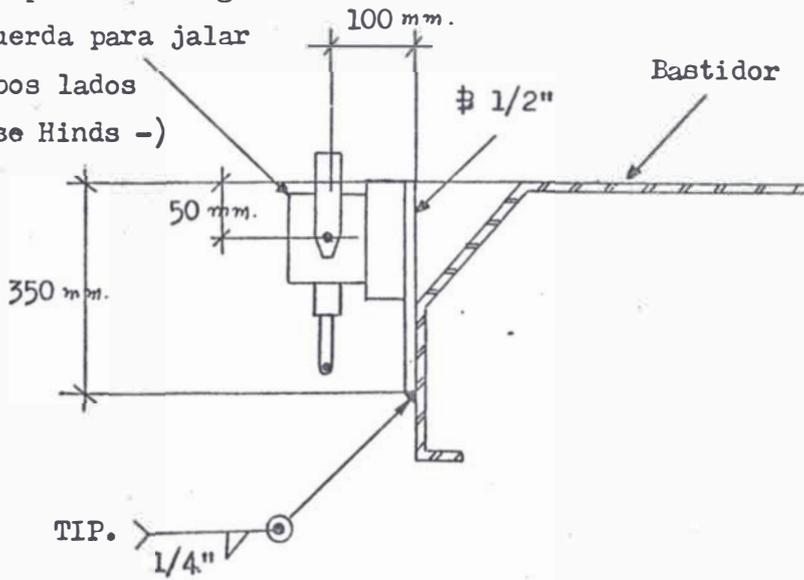


FIGURA Nro. 3



240 piezas MC - A

Interruptor de emergencia
con cuerda para jalar
en ambos lados
(Crouse Hinds -)



Corte B - B

FIGURA Nro. 4

Bibliografía

- 1.- Asociación Electrotécnica Peruana
"CODIGO ELECTRICO DEL PERU"
Edición especial Lima - Perú, 1976
- 2.- A.E.G - Telefunken
"MANUAL A.E.G."
Berlín - Grunewald, novena edición, 1967
- 3.- B.B.C. Brown Boveri
"MANUAL DE INSTALACIONES ELECTRICAS DE DISTRIBUCION DE ENERGIA ELECTRICA"
Urmo S.A. de Ediciones, Bilbao - España, primera edición, 1983
- 4.- B.B.C. Brown Boveri
"RELAYS AND PROTECCION SCHEMES"
Brown, Boveri & Co., LTD.
Badem - Switzerland, 1984
- 5.- M. Chilikin.
"ACCIONAMIENTOS ELECTRICOS"
Editorial MIR, Moscú, 1972
- 6.- Donald G. Fink, H. Wayne Beaty
"STANDARD HANDBOOK FOR ELECTRICAL ENGINEERS"
Mc Graw - Hill Book Co., U.S.A., undécima edición, 1978
- 7.- General Electric
"GENERAL PURPOSE CONTROL CATALOG".
Julio de 1979
- 8.- Hornig - Schneider
"NORMAS VDE 0100 DE PROTECCIÓN ELECTRICA"
Karlsruhe - Alemania, segunda edición, 1970
- 9.- A.A. Kulikov - A.A. Bielenki, B.M. Raputov
"EQUIPO ELECTRICO DE LAS EMPRESAS DE METALURGIA NO FERROSA"
Editorial MIR - Moscú, 1976

- 10.- I. L. Kaganov
"ELECTRONICA INDUSTRIAL"
Editorial MIR - Moscú, 1971
- 11.- M. Kostenko - L. Piotrovsky
"MAQUINAS ELECTRICAS"
Montaner y Simon S.A., Barcelona - España, 1968
- 12.- Jorge Linares Olgún
"DISEÑO DE SUBESTACIONES ELECTRICAS DE ALTA TENSION"
Seminario Profesional, Lima - Perú, 1984
- 13.- Dinkar Mukhedkar
"LA CIENCIA DE PUESTA A TIERRA DE SISTEMAS DE ENERGIA"
Seminario Profesional, Lima - Perú, agosto 1978
- 14.- J.F. Mc Partland, J.M. Mc Partland, G.I. Mc Partland
"NATIONAL ELECTRICAL CODE HANDBOOK"
Mc Graw - Hill's, U.S.A., décimosexta edición, 1981
- 15.- Richard Roeper
"LAS CORRIENTES DE CORTOCIRCUITO EN LAS REDES TRIFASICAS"
Siemens, Erlangen - Alemania, 1956
- 16.- Luis Vazquez Rodríguez
"DISTRIBUCION ELECTRICA EN PLANTAS INDUSTRIALES"
Seminario Profesional, Lima - Perú, 1984
- 17.- Westinghouse
"QUICK SELECTOR"
Catálogo 25 - 000, décima edición, julio 1983
- 18.- Gaudencio Zoppetti Júdez
"REDES ELECTRICAS DE ALTA Y BAJA TENSION"
Editorial Gustavo Gili S.A., Barcelona, sexta edición, 1978
- 19.- Gaudencio Zoppetti Júdez
"ESTACIONES TRANSFORMADORAS Y DE DISTRIBUCION"
Editorial G. Gili S.A., México, DF, quinta edición, 1981

RELACION DE PLANOS DEL PROYECTO

- IE - 1 : "Diagrama unifilar completo del sistema eléctrico".
- IE - 2 : "Instalaciones eléctricas de puesta a tierra de la chancadora primaria".
- IE - 3 : "Instalaciones eléctricas de la subestación chancadora primaria del tajo".
- IE - 4 : "Diagrama elemental del arrancador de estado sólido".
- IE - 5 : "Diagrama de conexiones en el panel del arrancador de estado sólido".
- IE - 6 : " Instalaciones eléctricas de fuerza y control de la chancadora primaria".
- IE - 7 : "Instalaciones eléctricas de fuerza y control de la planta de chancado y detalles de cruce de la S.E. chancadora primaria del tajo a la planta de chancado".
- IE - 8 : "Diagrama desarrollado de control y automatización de la chancadora primaria".
- IE - 9 : "Diagrama desarrollado de fuerza y control de la grúa puente de la chancadora primaria Allen West & Co. Ltd. Brighton".
- IE -10 : "Instalaciones eléctricas de iluminación y tomacorrientes de la planta trituradora de minerales".
- IE -11 : "Instalaciones eléctricas de iluminación interior de las fajas transportadoras, estaciones motrices, transferencia y exterior de la chancadora".