

# Universidad Nacional de Ingeniería

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



“ Proyecto de Suministro é Instalaciones Eléctricas  
de la Piladora Industrial Garcia Otero  
de la Ciudad de Iquitos ”

**T E S I S**

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**

**TEOFANES ROBERTO MUÑOZ FLORES**

PROMOCION: 1978 - I

**LIMA • PERU 1988**

TÍTULO: "PROYECTO DE SUMINISTRO E INSTALACIONES ELECTRICAS DE LA PILADORA INDUSTRIAL GARCIA OTERO DE LA CIUDAD DE IQUITOS"

I N D I C E

	Página
PROLOGO	
I. INTRODUCCION	
1.1. Generalidades -----	05
1.2. Características -----	05
1.3. Descripción del Proyecto -----	16
1.4. Simbología y nomenclatura -----	20
II. ESTUDIO DE CARGA	
2.1. Estudio de carga en las Instalaciones de Fuerza -----	23
2.2. Estudio de carga en la Instalaciones de Alumbrado -----	34
III. DISEÑO DE LAS INSTALACIONES	
3.1. Diseño de la subestación -----	40
3.2. Diseño de Instalaciones de Fuerza	58
3.3. Diseño de Instalaciones de Alumbrado	70
3.4. Diseño del sistema de puesta a tierra	94
IV. SISTEMAS DE CONTROL Y EMERGENCIA	
4.1. Consideraciones Generales -----	106
4.2. Optimización del Sistema de Emergencia -----	110
4.3. Diseño del Sistema de Control y Emergencia -----	114
V. ESPECIFICACIONES TECNICAS DE EQUIPOS Y MATERIALES	
5.1. Características y Objetivos de las Especificaciones -----	122

5.2. Especificaciones Técnicas de Equipos de Subestación -----	123
5.3. Especificaciones Técnicas de Instalaciones de Fuerza -----	126
5.4. Especificaciones Técnicas de Instalaciones de Alumbrado -----	131
5.5. Especificaciones Técnicas de puesta a tierra -----	134
5.6. Especificaciones Técnicas de Equipo de Control y Sistema de Emergencia -	135

## VI. METRADO Y PRESUPUESTO

6.1. Consideraciones -----	137
6.2. Metrado y Presupuesto de Subestación	138
6.3. Metrado y Presupuesto de Instalación de Fuerza -----	139
6.4. Metrado y Presupuesto de Instalación de Alumbrado -----	144
6.5. Revaluación o Reajuste Polinómico de precios -----	147
6.6. Resumen -----	150

## OBSERVACIONES Y CONCLUSIONES

## BIBLIOGRAFIA

## APENDICE

LISTA DE ESQUEMAS "A"

LISTA DE PLANOS "B"

## P R O L O G O

Se ha realizado el presente estudio, observando el concepto de sistema eléctrico, desde el punto de vista de diferenciar lo particular, en la práctica no hay dos sistemas eléctricos iguales por la diferencia de parámetros que se encuentra en la selección de sus componentes, podemos señalar los más importantes: potencia, voltaje, corriente, temperatura, características ambientales, disponibilidad de espacio, etc. Estos, junto al aspecto económico que se deberá tener en cuenta, como fase importante del proyecto, nos dará el resultado que se busca a lo largo del trabajo.

El presente trabajo consiste en el estudio de las Nuevas Instalaciones Eléctricas como parte del Plan de Expansión de la PILADORA INDUSTRIAL GARCIA OTERO S.A. en la ciudad de Iquitos y se ha dividido en 6 capítulos de acuerdo con las necesidades previstas en la obra.

En el Capítulo I se da una introducción al Proyecto observando aspectos generales de la Industria a la cual se refiere, esto es: Ubicación, condiciones actuales de la fábrica, área, niveles de producción, características de la misma, instalación actual, etc. Seguidamente se observan las características de la ampliación que es a lo que se quiere llegar, instalaciones nuevas, tratando de incidir en las mejoras realizadas que justifican al Proyecto, bá

sicamente como un resumen de la instalación. No se ha incidido mayormente en la pequeña línea de transmisión aérea, por encontrarse la fábrica muy cerca al punto de su ministro del concesionario, para la cual no es necesario hacer un diseño especial.

Termino el capítulo con la simbología y la nomenclatura - usados para la lectura de planos y esquemas.

En el Capítulo II realizamos el estudio de carga que busca ver las necesidades eléctricas de cada uno de los componentes, agrupándolos generalmente de acuerdo a su ubicación, también de acuerdo al uso. Se observa el comportamiento de las necesidades eléctricas en la planta, aplicando los factores dados por las normas eléctricas nacionales e internacionales, esto se realiza tanto para las instalaciones de Fuerza y Alumbrado.

En el Capítulo III procedemos a diseñar las instalaciones que comienzan con el diseño de la subestación, luego las instalaciones de fuerza, incidiendo en 2 aspectos, que son: el cableado y tableros de distribución, cálculos sobre caída de tensión y selección de sistemas de mando y protección. Para el diseño del alumbrado se toma en cuenta los criterios de iluminación industrial por áreas. En el diseño de puesta a tierra se ha elegido el sistema de cuatro hilos, usando el neutro del transformador con electrodos de puesta a tierra en la subestación y tableros de distribución. La protección contra descargas atmosféri -

cas constituye un apartado de esta sección por ser un problema exterior sin embargo no despreciable, ya que la zona es un lugar de frecuentes lluvias con descargas violentas.

En el Capítulo IV se busca optimizar el sistema, encarando 2 problemas básicos; uno es introducir la automatización del sistema por medio de dispositivos de control en partes importantes, como el secado del grano y el proceso de llenado de los silos, ambos con alarma de aviso. El otro aspecto es optimizar la producción, evitando paradas eventuales del suministro normal; haciendo uso del Sistema de Emergencia que deberá ser seleccionado en base a las necesidades principales de la planta, ante tales eventos, tomando en cuenta el desenclavamiento mecánico del interruptor, ante retornos imprevistos de energía por parte del concesionario, ésto para seguridad del grupo y tablero se coordina previamente evitando posibles peligros.

El Capítulo V detalla las especificaciones de los equipos de cada parte, así como detalles técnicos que facilitaran los trabajos de montaje. Hay muchas consideraciones que corresponden a normas establecidas para la fabricación de equipos y materiales, para la ejecución del Proyecto fué necesario compatibilizar áquellas a las necesidades de la instalación. De este modo se detallan las características de los equipos, especialmente lo siguiente: condiciones de trabajo, dimensiones, nivel de aislamiento, prue

bas, tensión, amperaje, potencia, características de montaje, ubicación, funcionamiento, en algunos casos detalles de fabricación, materiales, esfuerzos térmicos y mecánicos que puedan soportar cada uno de ellos.

Finalmente el Capítulo VI, desarrolla el Costo del Proyecto, en su nivel de ejecución se alcanza un estimado que bien puede ser tomado en cuenta para la fase de inversión. Se efectúa en su momento el reajuste de los precios como previsión a los efectos de la inflación.

Al presente trabajo se acompaña la Bibliografía de referencia en orden de importancia, asimismo las Conclusiones, Anexos y Planos que complementan el Proyecto.

Para terminar hago conocer mi agradecimiento a Industrial Garcia Otero S.A. en las personas del Ing. Garcia y el señor S. Otero, por las facilidades otorgadas para su realización; a los ingenieros del Area Académica de Instalaciones Eléctricas de la Universidad Nacional de Ingeniería, al ingeniero Luis Jiménez por su apoyo, asesoramiento y sugerencias, a Electro-Oriente S.A. sección de Mantenimiento Eléctrico de la Central Térmica de Iquitos por su información sobre tableros de distribución y otros.

## CAPITULO I

### INTRODUCCION

#### 1.1. GENERALIDADES

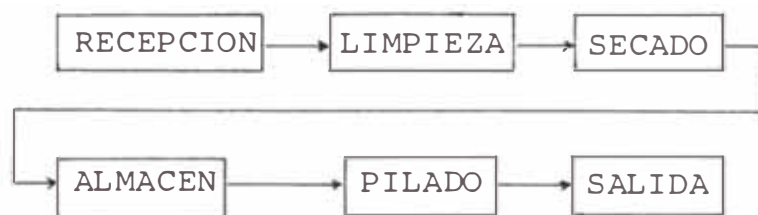
El presente es un trabajo realizado en base a las necesidades de ampliación, que comprende: el aumento de producción y mejoras en el proceso de pilado de arroz que se realizan en las instalaciones del industrial García Otero S.A. Esto implica una nueva instalación eléctrica que es el objetivo principal de este Proyecto.

Esta industria se encuentra ubicada en el departamento de Loreto, provincia de Maynas, localidad de Iquitos y a orillas del río Itaya, ocupa un área de 4,000 m<sup>2</sup> de acuerdo al plano de ubicación se encuentra en posibilidades de realizar el pilado de arroz mejorando el proceso, aumentando la capacidad de producción al recibir la mayor cantidad de grano, sobre todo en la época de cosecha contribuyendo al mejor aprovechamiento agropecuario y de este modo al desarrollo de la agricultura en la amazonía.

#### 1.2. CARACTERISTICAS

Industrial García Otero S.A. pila actualmente 1.5 toneladas de arroz diario, para ello cuenta con una instalación electromecánica alimentada desde un transformador DELCROSA de 160 KVA, 10 KV a 380 V y neutro a tierra, de acuerdo al flujograma básico que se muestra:





Accionado desde 2 tableros de distribución que son:

#### TABLERO N° 1

1	Motor Buffalo de Andrea que acciona un sistema antiguo de motriz única, con transmisión por fajas y poleas de zarandas, elevadores - pequeños y otros .....	75 HP
2	Piladoras de arroz RICE .....	10 HP
1	Motor Super Line, faja transportadora .....	1 HP
1	Tomacorrientes para ensecadoras .....	1 Kw
	Taller y almacén de herramientas .....	0.5 Kw

#### TABLERO N° 2

3	Motores para sistemas de secadoras por aire calentado en horno a leña y cáscara .....	12 HP
1	Fábrica de hielo de propósitos no afines a la instalación .....	12 HP
	Carga residencial de Jefatura de Planta y oficinas administrativas .....	20 Kw
	Carga de alumbrado general .....	5 Kw

La carga total de 110 Kw es la potencia instalada considerando factores de demanda y de simultaneidad unitarios, la carga del transformador está en el 85% de su nominal.

#### 1.2.1. Alcances del Proyecto

De acuerdo con los planes de la Empresa se determinó lo siguiente:

1.2.1.1. Aumentar la producción de arroz pilado a 4.5 ton/día.

1.2.1.2. Mejorar la eficiencia en los procesos de producción, especialmente en el transporte, almacenaje y secado, por lo que se disminuirá la cantidad de pérdidas de grano y de peso por efectos de la humedad y del ambiente no apropiado de almacenamiento, que por las características de manejo del grano, los primeros sacos de arroz en recepción, son los últimos en salir a los depósitos de ECASA o para su consumo.

1.2.1.3. Firmar convenios financieros a través de Bancos de Brasil para la firma brasilera VICTORIA S.A. fabricantes de silos y plantas procesadoras de cereales, efectúe el montaje de 2 plantas procesadoras de arroz, -ésto en lo que respecta al suministro de material y equipo metalmecánico y sistemas de accionamiento.

1.2.1.4. Estas plantas procesadoras de manejo de arroz, corresponden a los 4 primeros pasos del flujo -grama básico, es decir: Recepción, limpieza, secado y almacenamiento. Considerando además el transporte, éstas enlistan los siguientes motores:

#### PLANTA N° 1

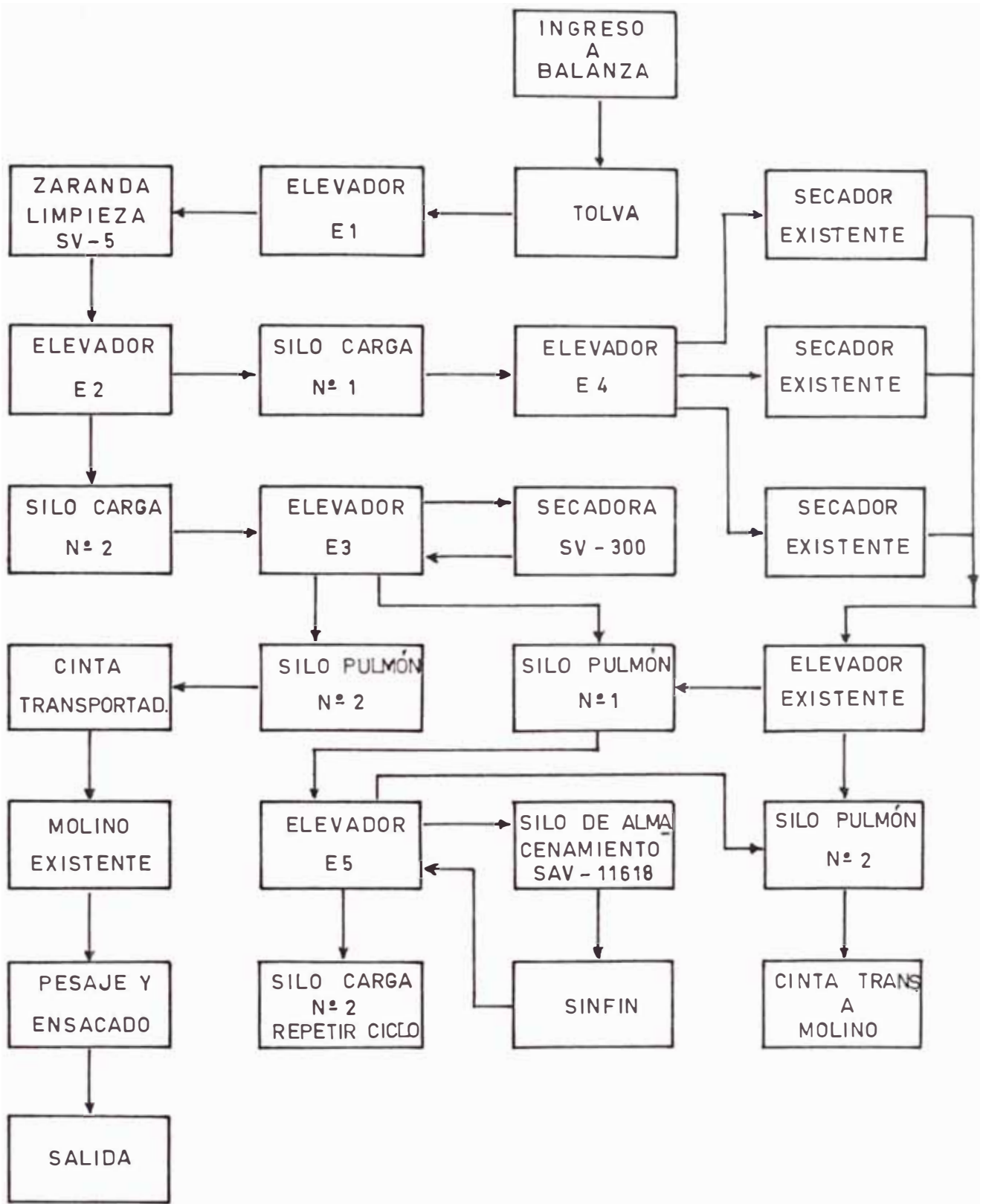
NOMENCLATURA	N° DE MOTOR	POTENCIA HP	DESCRIPCION DEL TIPO DE ACCIONAMIENTO
E1	1	4.0	Elevador 150 mm c/6.70 m

E2	2	4.0	Elevador 150 mm c/12.00 m
E3	3	12.5	Elevador 200 mm c/15.70 m
E4	4	7.5	Elevador 310 mm c/11.70 m
E5	5	10.0	Elevador 150 mm c/30.70 m
M6	6	10.0	Extractor del secador
M7	7	12.5	Máquina limpiadora SV-5
M8	8	20.0	Ventilador del silo
M9	9	20.0	Ventilador del silo
M10	10	0.5	Distribuidor del silo
M11	11	0.5	Distribuidor del silo
M12	12	4.0	Sinfín de descarga
M13	13	4.0	Sinfín de descarga
M14	14	3.0	Sinfín barredor
M15	15	3.0	Sinfín borrador

Esta planta consta además de: 2 silos almacenadores de - 928 toneladas de capacidad cada uno, 2 silos de carga, 2 silos pulmón, 1 secadora, 5 elevadores, cuyas características y ubicación, así como el flujograma de operación - viene dado en los planos P-03 y P-04. Complementándose al sistema antiguo, agregado de 2 máquinas piladoras adicionales de 5 HP cada una, almacenando 3 ton/día de pila do en arroz previamente procesado.

#### PLANTA N° 2

NOMENCLATURA	N° DE MOTOR	POTENCIA HP	DESCRIPCION DEL TIPO DE ACCIONAMIENTO
E1	1	2.0	Elevador 120 mm c/8.20 m
E2	2	2.0	Elevador 120 mm c/7.20 m



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
 FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

TESIS DE GRADO DE  
 TEOFANES ROBERTO MUÑOZ FLORES

FECHA  
 OCT.87.

TITULO

“FLUJOGRAMA DE OPERACION PLANTA  
 Nº 1, ANEXO A PLANOS P-03 y P-05”

Nº DE ESQUEMA  
 1. 2. 1

ESCALA  
 S.E.

E3	3	7.5	Elevador 310 mm c/12.20 m
E4	4	7.5	Elevador 150 mm c/25.70 m
M5	5	4.0	Máquina limpiadora SA-2
M6	6	10.0	Extractor del secador
M7	7	0.5	Distribuidor del silo
M8	8	3.0	Sinfín de descarga
M9	9	2.0	Sinfín barredor
M10	10	10.0	Ventilador del silo

Consta además de: 1 silo almacenador de 514 toneladas de capacidad, 1 silo de carga, 1 silo pulmón, 1 secador; esta planta no dispone de molino o máquinas piladoras, por lo que se instalará una piladora consistente de los siguientes motores:

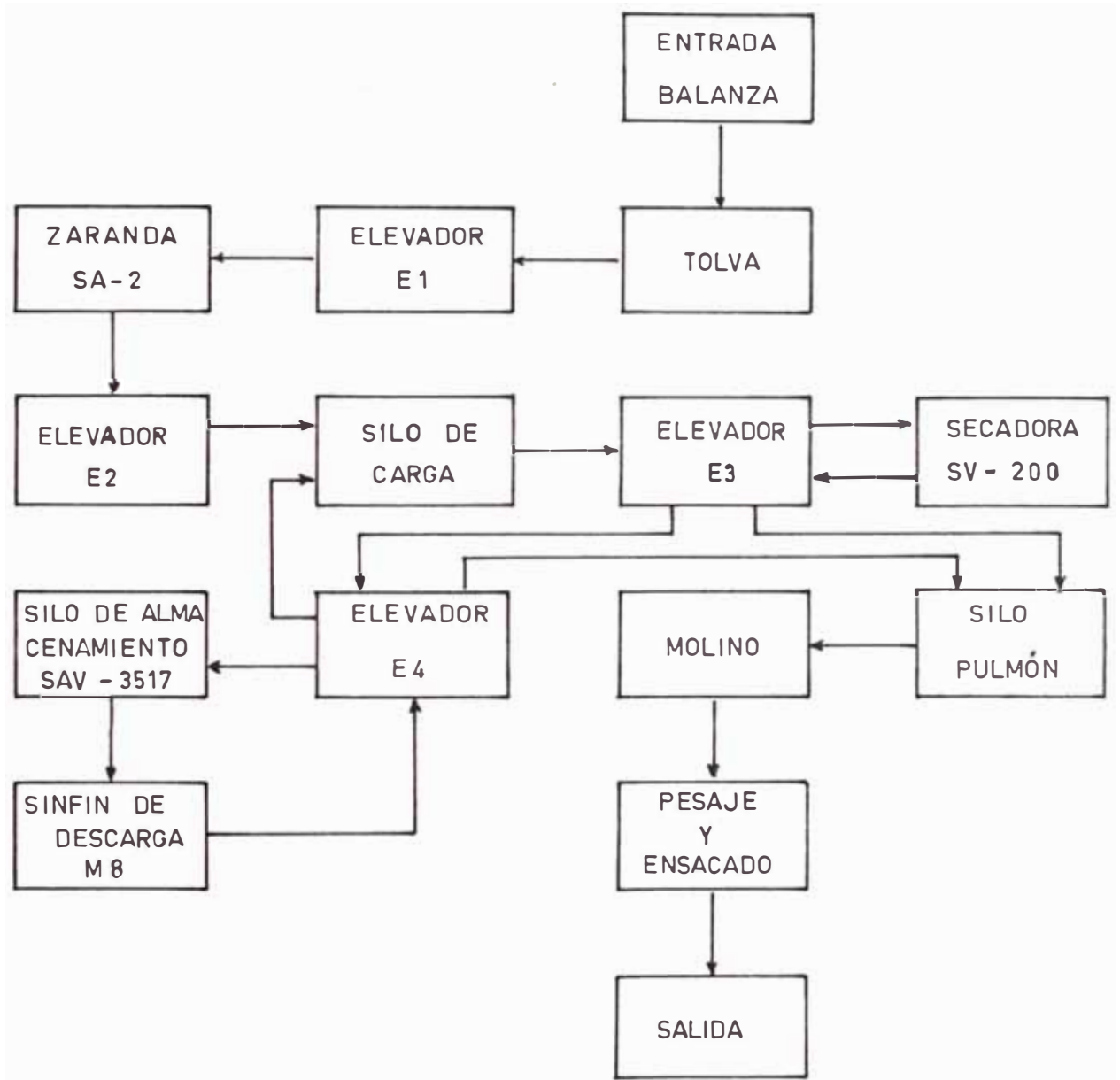
- 1 motor DELCROSA 20 HP (M1) conexión  $\Delta$ , arranque  $\lambda$ ,  
30.8 Amp., 380 V., F.S. 1.2
- 1 motor Super Line, 15 HP (M2), 380 V, Amp. 22
- 1 motor Super Line 5 HP (M3), 380 V, Amp. 7.2
- 1 motor Buffalo, 10 HP (M4), 380 V, Amp. 15
- 1 motor de 10 HP a adquirirse (M5), 380 V, Amp. 15.

Con estos motores se adicionará 1.5 ton/día de arroz pllado; totalizando 4.5 ton/día con la Planta N° 1.

En el presente Proyecto no se pretende, ni se darán detalles del diseño mecánico, salvo detalles necesarios para llevar a cabo la instalación eléctrica.

Otro aspecto importante es recalcar que la línea aérea -

FLUJOGRAMA DEL CEREAL EN LA PLANTA N° 2



que alimentará la fábrica no es objeto del presente trabajo por encontrarse a 300 metros del punto de suministro - del concesionario de la zona, la que se efectuará de acuerdo a las leyes vigentes de ELECTRO ORIENTE S.A. y la parte propietaria de la obra, tal suministro es necesario para los fines de ampliación.

1.2.1.5. De esta manera los alcances del Proyecto cubren lo referente a diseño de la subestación, instalaciones de fuerza y alumbrado de las plantas nuevas, comprendiendo éstas 3 tableros generales de distribución, control y mando y protección a tierra. El diseño complementario de el sistema de emergencia, controles especiales - para secador y silos de almacenamiento.

#### 1.2.2. Justificación del Proyecto

Como detallamos en las características de la instalación, la potencia actual instalada es de 110 Kw, de acuerdo a la nueva proyección se tendrá una potencia instalada de 270 Kw; esto sin tener en cuenta la carga de reserva de aproximadamente el 20%. La magnitud de la nueva instalación hace necesaria la ejecución de un Proyecto - que garantice su confiabilidad. Esto sólo puede garantizarse, si el estudio del Proyecto se hace en base a consideraciones técnicas adecuadas que ligadas a la información disponible permitirán el diseño y selección de los diversos componentes de la instalación.

Es así como el diseño de la subestación presenta los temas básicos siguientes:

- a) Cálculos de las corrientes de cortocircuito.
- b) Esfuerzos dinámicos y térmicos en barras, etc.
- c) Control de temperatura del transformador.

En el diseño de las instalaciones de fuerza de igual manera se consideran temas básicos como:

- a) Cálculo de la caída de tensión  $\Delta V$  en los cables alimentadores.
- b) Selección y cálculos para dispositivos de protección y mando para uso en cuadros de maniobra, coordinándose se el uso para todos los tableros, incluido el de subestación y la puesta a tierra.

Para el diseño del alumbrado nos basamos en los siguientes aspectos:

- a) Selección de nivel de alumbrado por zonas.
- b) Cálculo de alumbrado por el método de los lúmenes.

Es deseable también tener los conceptos de Factor de Utilización, eficacia energética y de corte, así como el factor de mantenimiento.

La puesta a tierra como sistema de protección que incrementa la seguridad para la vida y la propiedad se basa en los siguientes aspectos:

- a) Tipo de suelo y su resistencia.
- b) Variación de la resistencia y formas de mejorarla.
- c) Cálculos sobre el pozo de tierra seleccionado.



Las consideraciones anteriores van ligadas al sistema de tierra del equipo por distribución del cuarto conductor, que va conectado desde el neutro del transformador y a través de los tableros de distribución, ir hasta la carcasa de cada uno de los motores; el uso del neutro en el lado de 380 V permite disponer tensión en 220 V la que es usada para fines de alumbrado y en el mando de contactores, en el arranque a distancia de los motores desde el tablero, así como el control del alumbrado.

Inicialmente no se había considerado la optimización del sistema eléctrico de la planta, pero vistos los cortes eventuales del suministro por parte del concesionario, ya sea por mantenimiento u otros motivos, se ha considerado seleccionar un sistema eléctrico de emergencia consistente en un grupo electrógeno y un panel de control para maniobras en el tablero general de distribución en la subestación, basado especialmente en:

- a) Estudio económico por comparación partiendo de la estadística de cortes eventuales y número de horas paradas por falta de suministro eléctrico.
- b) Necesidades básicas de la instalación requeridas en caso de emergencia.

Adicionalmente se optimiza el control en el secado del grano mediante el uso del termostato de control de temperatura en la secadora que accionará la apertura de una válvula de aire frío mezclándose con el aire caliente an

tes de su ingreso a la secadora, esta válvula es solo una compuerta en el ducto de aire caliente que viene del horno.

El control del nivel de grano en el llenado de los silos almacenadores se hace mediante un microswitch que se acciona por una columna de grano por encima de él, parando el motor del elevador que llena el silo.

Pero una de las partes importantes del Proyecto, el que justifica en gran parte su realización, es aquella que determina el aspecto económico; si las especificaciones técnicas de los equipos y materiales nos dan en cierta forma las condiciones de la instalación, éstas no concluyen sino en la inversión y selección económica de alternativas que cumplan con dichas especificaciones. Esto en el Proyecto se justifica plenamente cuando se ajusta o se acerca al presupuesto base estipulado por los fondos de inversión de los dueños de la obra y a las formas de pago, los intereses y otros compromisos bancarios. Así un estimado puede venir dado por:

$$C_T = aA + B$$

donde  $C_T$  = costo total de la instalación

$a$  = factor aplicado a instalaciones eléctricas de subestaciones, tableros y alumbrado, 150 a 200 U\$ por Kw, tomando 160.

$A$  = Kw promedio de la instalación de la ampliación, para nuestro caso 300 Kw.

$B$  = costo del grupo de emergencia Diesel de 130

a 250 \$/Kw, tomamos 150 \$. La potencia del grupo es un valor variable, tomamos 120 Kw.

$$C_T = 160 \times 300 + 150 \times 120$$

$$C_T = \$ 66,000$$

Según el Manual Standard de A.E. Knowlton, sección 10.82 dá un porcentaje de gastos que se encuentra para el equipo eléctrico y cables entre 12-14% del total del costo - de la obra para centrales de vapor; tomando un 12% para la ampliación y teniendo una inversión total de \$ 600,000 encontramos:

$$C_T = 0.12 \times 600,000 = \$ 72,000$$

Estos valores estimados son una aproximación gruesa a un presupuesto detallado del costo de la instalación, la cual se hará en la nueva moneda o sea en intis.

### 1.3. DESCRIPCION DEL PROYECTO

Habiéndose dado la ubicación y características generales de la instalación se hace necesario diferenciar lo anterior de lo nuevo en el plano de distribución de planta P-02, así como en los planos de instalación se detalla como existente.

Para fines del proyecto eléctrico también se indica en el plano P-02 los tableros 1 y 2 ya existentes, cuya carga es detallada en las características, la alimentación a estos tableros no es independiente y se realiza en cascada; para este caso es conveniente cambiar dicha alimen

tación haciéndolo en forma independiente para cada uno desde el tablero de la subestación. Incluso teniéndose un sistema de distribución aérea como acometida a los tableros, no será necesaria cambiarla, pues esto implicaría menos gastos en el costo del Proyecto usando los aisladores portacables y el mismo cableado, ya que éstos tienen la capacidad de carga suficiente.

El alumbrado será rediseñado incluyendo las mejoras necesarias retirándose esta carga del Tablero N° 2.

Será necesario poner 2 tableros (6 y 7), cada planta con su propio tablero, cuya ubicación también se da en el plano de distribución de planta.

La subestación actual consta de un transformador de 160 KVA, la línea de llegada, los fusibles cut-off de 10 KV y un interruptor de 250 Amp., 600 V. La ubicación de la subestación será la misma, siendo la llegada subterránea con salida a cabeza terminal en el lado de 10 KV del transformador; el diseño de la subestación, así como de los tableros de distribución 3, 4 y 5 ubicados a priori en la distribución de planta serán realizados siguiendo las necesidades y reglas pre-establecidas.

Muchas decisiones que se toman deben ser consultadas o estudiadas antes de su aplicación al Proyecto, en cierto modo adelantando una solución a partir de algunas alternativas, tenemos las siguientes bases:

#### 1.3.1. Método o tipo de instalación.

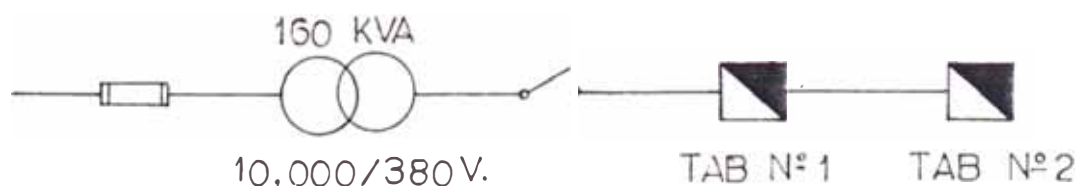
Es necesario definir la acometida hacia los tableros de distribución y a los puntos de carga según las indicaciones de seguridad en la instalación, tomando el CEP en sus capítulos X, XI, XII y XIII como Normas Generales para instalaciones interiores de baja tensión, definimos la instalación mixta de acometida subterránea en tubería conduit no metálica para los tableros de distribución Nros. 3, 4 y 5 siendo la acometida a los puntos de carga subterránea con tubería conduit no metálica y para los elevadores conduit no metálicos adosados a estructuras metálicas a la intemperie.

No se considera la planta como a prueba de incendios, la temperatura de ambiente promedio 35°C, un máximo menor de 40°C bajo techo, local no húmedo y más bien seco.

Todas las conducciones eléctricas, tanto para las instalaciones de fuerza como de alumbrado se harán en tuberías conduit no metálicas.

### 1.3.2. Diagrama unifilar.

La instalación eléctrica anterior tiene como diagrama unifilar el esquema que sigue:

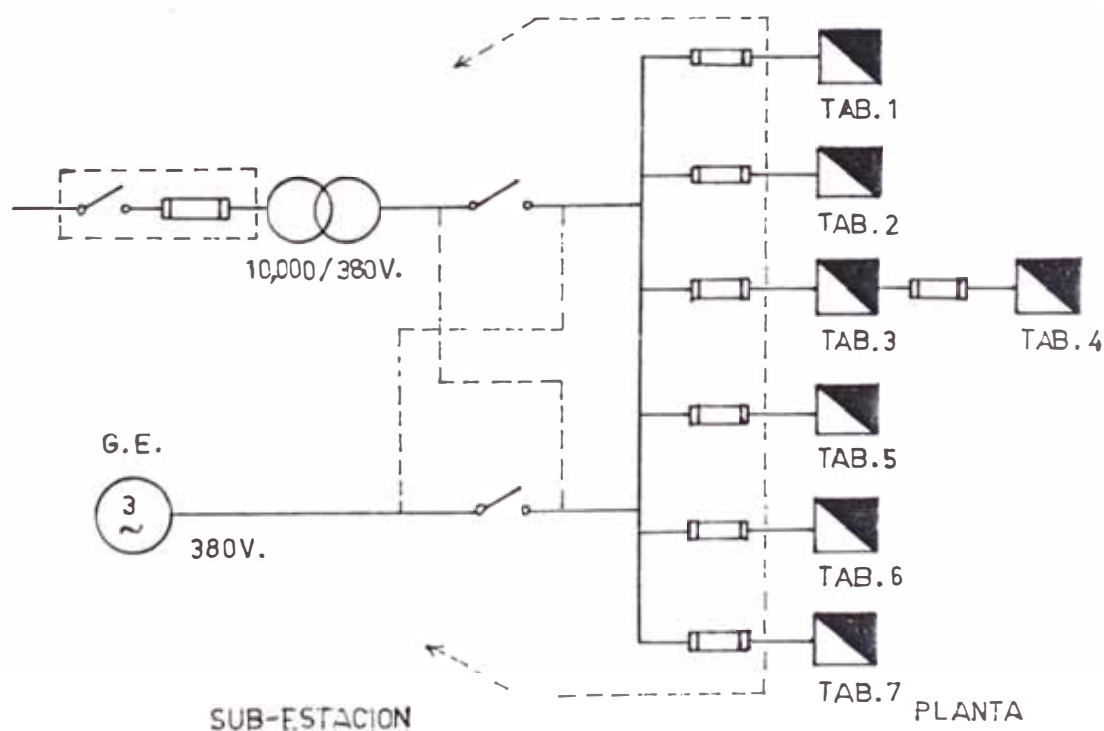


De acuerdo con el proyecto de ampliación la alimentación al Tablero N° 2 se hará independientemente desde la sub estación, como puede verse en el plano de distribución , por su ubicación es preferible.

Como se sabe el uso de alimentadores independientes, es preferible el de cascada, por las siguientes razones:










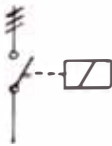



1. Control por separado desde la subestación.
2. Menor costo en los gastos de mantenimiento.

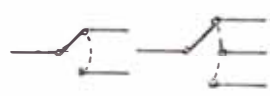

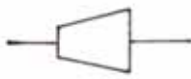



Sin embargo el costo de la instalación será mayor, sobre todo cuando la distancia del 2do. tablero a la subestación es mayor. Otro motivo por el cual se debería preferir la alimentación en cascada es el acceso al centro de carga por dificultades en el tendido de una nueva línea. Vistas las consideraciones anteriores, el diagrama unifilar del proyecto ampliado será como se muestra:



Los tableros 6 y 7 corresponden al alumbrado de las plantas 1 y 2 respectivamente. 3, 4 y 5 son tableros para las instalaciones de fuerza a ser efectuadas; mientras que los tableros 1 y 2 ya existentes solo serán modificadas en su acometida.

#### 1.4. SIMBOLOGIA Y NOMENCLATURA

	Fusible en general.
	Contactor auxiliar o principal abierto - cerrado.
	Térmico o bimetálico de apertura.
	Lámpara de señalización.
	Pulsador de parada.
	Pulsador de arranque.
	Tablero en general.
	Llave trifásica o interruptor trifásico.
	Llave monofásica o interruptor monofásico
	Interruptor automático de baja tensión - con bobina de disparo, recarga manual o automática.
	Bobina de contactor o bobina en general.
	Motor asíncrono trifásico en general.
	Interruptor simple.

	Conmutador simple by-pass, manual-automático de dos o tres posiciones.
	Lámpara para iluminación general.
	Bocina u otra alarma sonora.
	Voltímetro.
	Amperímetro.
	Transformador de intensidad.

Hay algunos símbolos que se usan con frecuencia y no es necesario indicarlos, ya que su conocimiento es tácito, así como nos remitimos en lo posible al CEP edición 1976 capítulos II, III y IV.

La nomenclatura que sigue complementa los detalles necesarios para la lectura de planos y esquemas:

F	Fusible en general
C	Contactador auxiliar
TH	Termico
TAB	Tablero de distribución o general
A	Pulsador de arranque
P	Pulsador de parada
S	Interruptor en general o seccionador
I <sub>a</sub>	Interruptor automático o disyuntor
E y M	Motor eléctrico (E elevador)
O <sub>1</sub>	Punto de referencia, Planta N° 1
O <sub>2</sub>	Punto de referencia, Planta N° 2
x	Distancia abcisa en ejes de referencia



y	Distancia ordenada en ejes de referencia
H	Altura sobre el nivel del piso
P, HP o Kw	Potencia y unidades
$I_N$ o $I_n$	Corriente nominal del motor
$I_{cc}$	Corriente de cortocircuito
$I_{ch}$	Corriente de choque o de límite dinámico
$I_{th}$	Corriente de efectos térmicos
$I_d$	Corriente de diseño
V	Tensión en voltios
$\Delta V\%$	Caída de tensión en porcentaje

Esta nomenclatura aparece a lo largo del trabajo en las tablas que se realizan como resultados de cálculos efectuados.

La nomenclatura, número, potencia y descripción de los motores de la instalación a efectuarse se dió en las características y como alcances del Proyecto. Si alguna nomenclatura no especificada apareciera a lo largo del trabajo ésta será definida en el momento de su utilización.

## CAPITULO II

### ESTUDIO DE CARGA

#### 2.1. ESTUDIO DE CARGA EN LAS INSTALACIONES DE FUERZA

##### 2.1.1. Consideraciones Generales.

Antes de empezar el proyecto de la instalación es necesario consultar y seguir normas modernas en el trazado de instalaciones a fin de evitar la prematura caída en desuso de la instalación eléctrica, debido a su imperfección o inadaptación al constante progreso eléctrico.

El desarrollo del estudio de carga en un proyecto eléctrico podemos tomarlo desde 2 puntos de vista.

##### 2.1.1.1. El Concepto de la Demanda Eléctrica.

Demanda conceptuada a partir de la aplicación de un factor de demanda a la potencia instalada, este factor se ha definido del siguiente modo:

$$F.D = \frac{\text{Máxima Demanda}}{\text{Potencia instalada}}$$

Esto presupone conocer de algún modo la operación del sistema, funciones dentro del sistema de cada parte de éste. En el sector industrial por lo general su variación se encuentra en valores de 0.5 a 0.9, pudiendo llegar a los valores mayores cuando el número de trabajadores es mayor, así como la demanda de producción va en aumento.

La demanda máxima por tablero está condicionada por el uso del equipo en la zona de alimentación del tablero, en muchos casos el factor puede llegar a la unidad, sobretodo en procesos continuos de producción serie condicionándose los procesos paralelos a las necesidades de la demanda en la producción, elevando el número de equipos en operación. Otro aspecto aún no tomado en cuenta, es la modalidad de trabajo en la planta, si bien es cierto que actualmente se trabaja de 12 a 16 horas diarias, ésto podría ampliarse a 24 horas, efectuando 3 turnos, lo cual haría que el diagrama de carga tuviera una demanda máxima menor.

Para cálculos de instalaciones de fuerza disponemos de la siguiente tabla:

TABLA N° 2.1

FACTORES DE DEMANDA PROMEDIO PARA MOTORES

<u>N° de Motores</u>	<u>El caracter de la carga</u>	<u>Factor de Demanda</u>
1-5	Impulsión individual	1.00
6-10	Impulsión individual	0.75
10-15	Impulsión individual	0.70
15-20	Impulsión individual	0.65
20-30	Impulsión individual	0.60
30-50	Impulsión individual	0.50
50-75	Impulsión individual	0.45
75-100	Impulsión individual	0.40
Más de 100	Impulsión individual	0.40

6-10	Impulsión por grupos	0.70-0.45
Más de 10	Impulsión por grupos Compresores, bombas, ventiladores, etc.	1.00-085

Para la acometida general y diseño de la subestación se define otro término aplicado a la demanda; éste es la diversidad de la demanda que dice: "La demanda simultánea de un grupo de consumidores o usuarios, no es tan grande como la suma de las demandas individuales, de ello surge el factor de diversidad o su recíproco factor de simultaneidad que sería:

$$F. Div = \frac{\Sigma \text{ M\acute{a}ximas Demandas}}{\text{M\acute{a}xima demanda simult\acute{a}nea}} ; \quad F.S = \frac{1}{F. Div}$$

encontrando su aplicación en sistemas grandes; también - disponemos de una tabla que nos indica los factores de - diversidad en diferentes casos.

TABLA N° 2.2

## FACTORES DE DIVERSIDAD

Elementos del sistema entre los cuales se establecen los factores de diversidad indicados	Factores de diversidad para:			
	Alumbra do de vivien das	Alumbra do Co mercial	Fuerza gene ral	Grandes consumi dores
Entre abonados individuales	2.0	1.46	1.45	1.05
Entre transformadores	1.3	1.3	1.35	1.05
Entre alimentadores	1.15	1.15	1.15	1.1
Entre subestaciones	1.10	1.10	1.10	

Entre abonados y el transformador	2.0	1.46	1.44	1.15
Entre abonados y alimentadores	2.6	1.90	1.95	1.32
Entre abonados y subestaciones	3.0	2.18	2.24	
Entre abonados y centrales generadoras	3.29	2.40	2.46	1.45

#### 2.1.1.2. La carga futura y el factor de reserva.

El crecimiento del uso de la energía eléctrica, las necesidades previstas para un futuro inmediato, así como aquellas de largo plazo, hacen tomar en cuenta un factor de reserva que en algunos alimentadores pueden llegar al 50% de la carga necesaria que se instala.

Se cuenta con información y necesidades inmediatas por parte de la Empresa, éstas son:

##### 1. Instalación de extractores de aire:

6 de 1/2 HP en la Planta N° 1 (Tablero N° 3).

3 de 1/2 HP en la zona del molino N° 1 del Tablero N° 1.

4 de 1/2 HP en la Planta N° 2 (Tablero N° 4).

2 de 1/2 HP en la zona del molino N° 2 del Tablero N° 5.

##### 2. Instalación de winche vagón de descarga de los sacos, desde las barcazas hasta la balanza.

Motor eléctrico de 40 HP, previsto alimentación del Tablero N° 2.

##### 3. Instalación de ensacadoras de los molinos Nros. 1 y 2.

Ensacadoras molino N° 1, 6 HP (Tablero N° 1)

Ensacadoras molino N° 2, 4 HP (Tablero N° 2).

Siendo la carga futura total de 57 HP (42 Kw).

Si los factores de demanda y diversidad aplicados a la carga estudiada son características restrictivas en el uso de material, el considerar un factor de reserva es contrario a esta práctica, ya que implica sobredimensionar algo a la espera de una carga futura, de otro modo se reduce el trabajo del equipo en un porcentaje de la carga menor a la nominal.

De esta manera el estudio de carga para los alimentadores a los tableros, deberán cumplir como mínimo con satisfacer la carga calculada, quedando todo valor superior como reserva, teniendo en cuenta la capacidad de cada alimentador y la máxima demanda en el tablero respectivo. Todo esto debido a que las normas eléctricas son bien claras, pudiendo observarse lo dicho en el CEP (Ed. 1976) artículo 17-23 que dice:

"Conductores que abastezcan a varios motores. Los conductores para alimentadores que abastezcan a dos o mas motores, deberán ser de calibre suficiente para una corriente no menor que el 125% de la corriente a plena carga del motor de mayor potencia en el grupo. Cuando los motores no funcionen simultáneamente a plena carga, podrá aplicarse el factor de demanda que corresponda al régimen de operación".

Para el caso de la subestación es diferente, ya que los - costos relativos respecto a los alimentadores de tableros es grande, es necesario preveer una reserva mayor cuantificada como un factor de reserva (F.R), la que tomamos - como 1.2 o sea un 20% adicional a la máxima demanda simultánea de la carga mixta, esto es fuerza y alumbrado, - para nuestro caso definimos el factor de reserva como:

$$F.R. = \frac{\text{Potencia del transformador}}{\text{Máxima demanda simultánea}}$$

## 2.1.2. Cálculo de la carga en las instalaciones de fuerza.

Tomando en cuenta las consideraciones generales:

### 2.1.2.1. Cálculo de carga - Tablero N° 1

#### Accionamiento individual

Motor Buffalo-Andrea .....	75.00	HP
2 piladoras de arroz RICE .....	20	"
1 motor faja transportadora ....	1	"
toma de ensecadoras (1 Kw) .....	1.35	"
taller y almacén de herramientas	0.68	"
Total :	88.03	HP

$$F.D. = 1 \quad 88.03 \text{ HP} = 65.67 \text{ KW}$$

#### Carga futura:

2 piladoras de arroz RICE	10	HP	1.0
tomas de ensecadoras .....		HP	0.75
3 extractores de aire ....	1.5	HP	0.75
Total:	17.5	HP	

$$F.D. = \frac{10 \times 1 + 7.5 \times 0.75}{17.5} = 0.89$$

$$\text{Máxima Demanda} = 17.5 \times 0.89 = 15.6 \text{ HP} = 11.6 \text{ Kw}$$

$$\text{CARGA TOTAL TABLERO N° 1} = 73.1 \text{ KW}$$

#### 2.1.2.2. Cálculo de carga - Tablero N° 2.

		F.D.
Carga residencial jefe de planta, gerencia y oficinas	20 Kw	0.6
3 motores de secadoras ...	12 HP	1.0
fábrica de hielo .....	12 HP	1.0

$$\text{Carga total} = \frac{20 \times 0.6}{0.746} + 12 + 12 = 40.1 \text{ HP}$$

esta carga equivale a 29.9 Kw.

Carga futura:

		F.D.
Winche, vagón de descarga de barcas a balanza .....	40 HP	1.0
<b>Total:</b>	<b>40 HP</b>	

$$40 \text{ HP} = 29.8 \text{ KW}$$

$$\text{CARGA TOTAL TABLERO N° 2} = 59.7 \text{ KW}$$

Como las instalaciones de los tableros 1 y 2 ya están efectuadas, el cable alimentador N° 4/0 es suficiente para los tableros separados al realizarse la independización.

#### 2.1.2.3. Cálculo de carga - Tablero N° 3.

Debido a que el objetivo de la ampliación cubre todo lo referente a la Planta N° 1 (Tablero N° 3), Planta



N° 2 (Tablero N° 4) y Molino N° 2 (Tablero N° 5) adelantamos el estudio de carga como corriente para dichos tableros, dejando la carga de reserva como potencia.

A partir de los datos de potencia dados en la introducción por la firma brasilera VICTORIA, hacemos uso de la siguiente fórmula:

$$I_N = \frac{HP \times 746}{1.73 \times E \times N \times f.p}$$

donde:  $I_N$  = corriente del motor a plena carga

HP = potencia del motor en dichas unidades

E = tensión de alimentación, 380 V trifásico

N = eficiencia del motor a plena carga, expresado en decimales.

f.p. = factor de potencia = 0.8 para todos los motores.

Además disponemos de la corriente de placa  $I_N$ , dado por los fabricantes de motores WEQ; pudiendo efectuarse las comparaciones respectivas, también las corrientes indicadas por los catálogos de fabricantes de cables.

De acuerdo con el Código Eléctrico del Perú, asumimos el criterio de diseño de considerar el 25% adicionales a la corriente nominal del motor a plena carga ( $I_N$ ). Se ha considerado un factor de potencia de 0.8 y una eficiencia igual a 1.0, ésto porque los datos de placa dan un equivalente multiplicador f.s. (factor de servicio) que va de 1.15 a 1.2.

Con lo detallado :  $I_N = \frac{HP \times 746}{1.73 \times 380 \times 1 \times 0.8}$

$$I_N = 1.42 \text{ HP}$$

Carga de Tablero N° 3 en la siguiente tabla.

TABLA N° 2.3

MOTOR	POTENCIA HP	CORRIENTE $I_N$ CALCULADO	CORRIENTE $I_n$ PLACA	CORRIENTE DE DISEÑO 1.25 $I_N$
E1	4.0	5.67	7	7.1
E2	4.0	5.67	7	7.1
E3	12.5	17.7	19	22.12
E4	7.5	10.6	12	13.3
E5	10.0	14.2	16	17.7
E6	10.0	14.2	16	17.7
E7	12.5	17.7	19	22.12
M8	20.0	28.4	28.8	35.45
M9	20.0	28.4	28.8	35.45
M10	0.5	0.71	1.0	0.89
M11	0.5	0.71	1.0	0.89
M12	4.0	5.67	7.0	7.1
M13	4.0	5.67	7.0	7.1
M14	3.0	4.25	5.5	5.31
M15	3.0	4.25	5.5	5.31

La selección de conductores para cada motor se hace con la corriente de diseño.

$$\text{TOTAL HP} = 115.5 \qquad 86.163 \text{ KW}$$

De la tabla de factores de demanda para 10-15 motores - impulsión individual F. D. = 0.7, luego:

$$\text{Máxima demanda} = 85.163 \times 0.7 = 60.3 \text{ KW}$$

Carga futura:		F.D.
6 ventiladores, impulsión en grupo	3.0	1.0
Alumbrado silo y balizaje de elevador de 30 metros de altura .....	1.05	1.0

$$\text{Carga futura} = 3 \times 0.746 + 1.05 = 3.3 \text{ KW}$$

$$\text{CARGA TOTAL - TABLERO N° 3} = 63.6 \text{ KW}$$

#### 2.1.2.4. Cálculo de carga - Tablero N° 4.

De igual manera que en el tablero anterior aplicando el factor  $I_N = 1.42$  HP, tenemos la siguiente - tabla que muestra las corrientes de cálculo, placa y di seno.

TABLA N° 2.4

MOTOR	POTENCIA HP	CORRIENTE $I_N$ CALCULADO	CORRIENTE $I_n$ PLACA	CORRIENTE DE DISEÑO $1.25 I_N$
E1	2.0	2.836	4.0	3.545
E2	2.0	2.836	4.0	3.545
E3	7.5	10.635	12.0	13.3
E4	7.5	10.635	12.0	13.3
M5	4.0	5.672	7.0	7.1
M6	10.0	14.18	16.0	17.72
M7	0.5	0.709	1.0	0.886
M8	3.0	4.254	5.5	5.31
M9	2.0	2.836	4.0	3.545
M10	10.0	14.18	16.0	17.72

$$\text{TOTAL HP} = 48.5 \quad 36.181 \text{ KW}$$

De la tabla de factores de demanda para 6-10 motores con impulsión individual, F. D. = 0.75.

$$\text{Máxima Demanda} = 36.181 \times 0.75 = 27.15 \text{ KW}$$

Carga futura:

4 ventiladores 1/2 HP, cada uno	2 HP	1.5 Kw
Alumbrado silo .....		0.5 Kw
		2.0 Kw

$$\text{CARGA TOTAL - TABLERO N° 4} = 29.15 \text{ KW}$$

#### 2.1.2.5. Cálculo de carga - Tablero N° 5.

Alimentador correspondiente a motores de molino de la Planta N° 2 se calcula en forma similar a los - Tableros 3 y 4 resumiendo las corrientes en la siguiente tabla. La selección de conductores para cada motor se - hará de acuerdo con la corriente de diseño.

TABLA N° 2.5

MOTOR	POTENCIA HP	CORRIENTE $I_N$ CALCULADO	CORRIENTE $I_n$ PLACA	CORRIENTE DE DISEÑO $1.25 I_N$
M1	20.0	28.4	30.8	35.5
M2	15.0	21.3	22.0	27.5
M3	5.0	7.1	7.2	8.9
M4	10.0	14.2	15.0	17.75
M5	10.0	14.2	15.0	17.75

$$\text{TOTAL HP} = 60 \quad \text{ó} \quad 44.16 \text{ KW}$$

En este caso la Tabla 2.3 recomienda F.D. = 1.0 para 1-5 motores de impulsión individual.

Carga futura:		F.D.
4 ensecadoras, 1 HP cada una ..	4 HP	1.0
2 extractores de aire .....	1 HP	1.0
	Total: 5 HP = 3.7 Kw	

CARGA TOTAL - TABLERO N° 5 = 47.9 KW

#### 2.1.2.6. Carga total de las instalaciones de fuerza.

	Máxima demanda	Potencia instalada
Tablero N° 1	77.3 KW	78.7 KW
Tablero N° 2	59.7 KW	67.7 KW
Tablero N° 3	63.6 KW	89.5 KW
Tablero N° 4	29.0 KW	38.2 KW
Tablero N° 5	47.9 KW	47.9 KW
Total carga de fuerza	277.5 KW	322.0 KW

Aplicando el factor de diversidad entre alimentadores - que es dado por la Tabla N° 2.2 igual a 1.15, encontramos la máxima demanda promedio.

$$\text{Carga de fuerza} = \frac{277.5}{1.15} = 241.3 \text{ KW}$$

## 2.2. ESTUDIO DE CARGA EN LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO

### 2.2.1. Consideraciones generales.

Si bien es cierto que la carga de alumbrado en una instalación industrial viene a ser pequeña comparada con la carga de las instalaciones de fuerza, aproximándose al 10% de la carga total, la importancia del -

Sistema de Iluminación y la previsión de salidas especiales, garantiza la confiabilidad desde el punto de vista de los servicios auxiliares.

El diseño de la iluminación se aproximará en lo posible al cálculo preliminar.

La carga de alumbrado se calcula de acuerdo a la zona - por área techada, tomando un número de watts/mt<sup>2</sup> de acuerdo con la zona de trabajo y aplicándose los factores de demanda recomendados.

Los Manuales de Alumbrado, por lo general no presentan - datos sobre watts/mt<sup>2</sup> que corresponde a cada uso para el cálculo de carga, pero si suministran datos de los niveles de iluminación en lux/mt<sup>2</sup>.

Observando la tendencia de la información referente, en contramos diversos valores para cada zona de acuerdo con el CEP y el Manual Standard, dan:

TABLA N° 2.6

CLASE DE LOCAL	CARGA UNITARIA Watts/mt <sup>2</sup>	FACTOR DE DEMANDA
Garages comerciales y de almacenamiento	5	100%
Edificios comerciales e industriales	20	100%
Locales de depósitos y - almacenamiento	2.5	100% hasta 12,500 watts, 50% por <u>en</u> cima
Hall, corredores, closets y otros similares	5	De acuerdo al local.

La tabla anterior da valores unitarios considerados como cargas mínimas, cuando se desea efectuar una instalación particular el CEP (Ed. 1976), Art. 10-82, especifica que: ... "En vista de la tendencia hacia sistemas de alumbrado de mayor intensidad y hacia cargas mayores, debido al uso generalizado de las aplicaciones fijas y portátiles, cada instalación deberá considerarse con una capacidad - mayor a fin de asegurar una operación mayor en el futuro"

Esta tendencia actual se observa en las recomendaciones, por ejemplo el Manual Standard presenta valores más altos, sin embargo el Manual de CROFT da criterios más actualizados según el Código Eléctrico Americano de 1968, los cuales son extraídos de dicho Manual, para nuestro caso particular lo presentamos en la tabla siguiente:

TABLA N° 2.7

(Extracto Manual de CROFT)

DESTINO	CARGA UNITARIA watts/mt <sup>2</sup>	FACTOR DE DEMANDA
Harinas, fábricas de alimentos en polvo:		
- Limpieza y triturado	21	100%
- Cocido o tostado	48	100%
- Clarificación de harinas	48	100%
- Almacenes y depósitos	21	100% hasta 12,500 50% por encima

Esta es la denominada carga normal para iluminación general en la cual se considera el número de circuitos deri-

vados y las capacidades de los circuitos alimentadores - basado en las cargas de iluminación y tomacorrientes por circuito.

Consideramos que los valores prescritos son muy elevados para el caso de los almacenes y bajos para los procesos de producción, por lo que seguiremos un criterio de proporcionalidad al nivel de iluminación recomendado.

TABLA N° 2.8

Manuales de Alumbrado Zona a iluminar	Nivel de iluminación lux	Carga propor- cional watts/ mt <sup>2</sup>
Zonas de circulación, pasillos	100	10
Almacenes y depósitos	150	15
Procesos automáticos	200	20
Zonas generales de trabajo	300	30

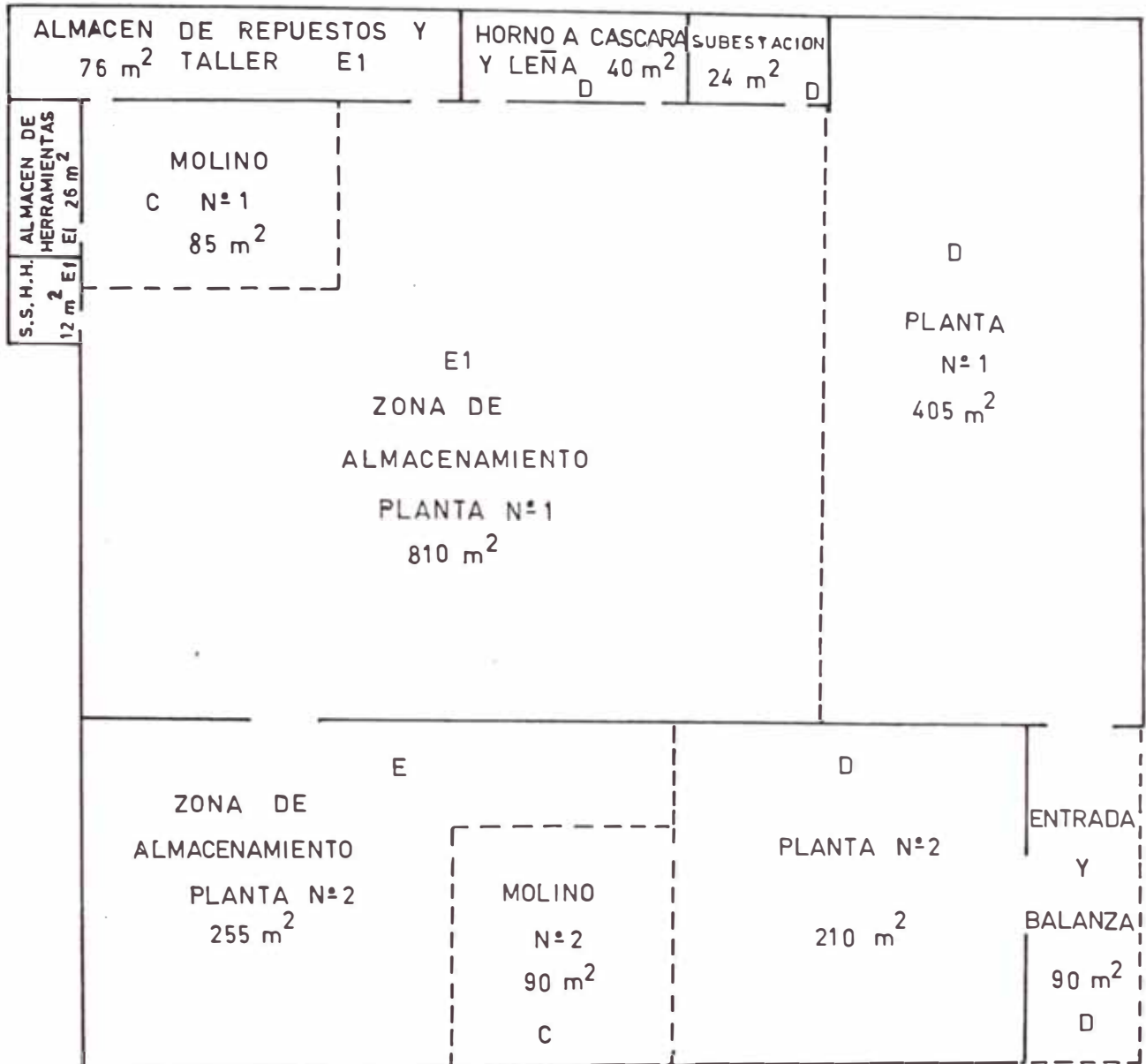
La zonificación y las áreas de cada zona se dan en el esquema de planta siguiente: Esquema 2.2

#### 2.2.2. Cálculo de carga en las Instalaciones de Alumbrado.

Tomando en cuenta las consideraciones generales de la Tabla N° 2.8 y el esquema anterior con las áreas indicadas, tenemos:

##### 2.2.2.1. Cálculo de carga - Tablero N° 6.





FABRICA DE HIELO

ZONA DE SILO E2

HORNO A CASCARA Y LEÑA D 40 m<sup>2</sup>.

CALIDAD DE ILUMINACION

- A MUY BUENA
- B BUENA
- C MEDIA
- D BAJA
- E MUY BAJA

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA

TITULO

AREA CONSIDERADA EN CARGA  
DE ALUMBRADO. PLANTAS N°1 Y 2

TESIS DE GRADO DE

FECHA

N° DE ESQUEMA

ESCALA

TEOFANES ROBERTO MUÑOZ FLORES

SET. 87.

2.2

1:300

## Alumbrado Planta N° 1

Lugar	Area mts <sup>2</sup>	Carga unita- ria watts/m <sup>2</sup>	Total watts
Zona de silos y exteriores	80	10	800
Zona almacenes y depósitos	936	15	14040
Planta 1, horno, baño y SE	457	20	9140
Molino, zona de piladoras	85	30	2550
		Total :	26530

$$\begin{aligned} \text{Máxima demanda} &= 12500 + 14030 \times 0.5 \\ &= 19515 \text{ watts} \end{aligned}$$

$$\text{CARGA TOTAL - TABLERO N° 6} = 19.5 \text{ KW}$$

## 2.2.2.2. Cálculo de carga - Tablero N° 7

## Alumbrado Planta N° 2

Lugar	Area mts <sup>2</sup>	Carga unita- ria watts/m <sup>2</sup>	Total watts
Zona de silos y exteriores	100	10	1000
Zona almacenes y depósitos	255	15	3825
Planta 2, horno y balanza	320	20	6400
Molino, zona de piladoras	90	30	2700
		Total :	13925

$$\text{Máxima demanda} = 12500 + 1425 \times 0.5 = 13212.5 \text{ watts}$$

$$\text{CARGA TOTAL - TABLERO N° 7} = 13.2 \text{ KW}$$

## 2.2.2.3. Carga total de Instalaciones de Alumbrado.

Aplicando el factor de diversidad para los alimentadores de la tabla N° 2.2, F. Div. = 1.15

$$\text{CARGA TOTAL DE ALUMBRADO} = \frac{19.5 + 13.2}{1.15} = 28.4$$

## CAPITULO III

### DISEÑO DE LAS INSTALACIONES

#### 3.1. DISEÑO DE LA SUBESTACION

##### 3.1.1. Generalidades

Habiéndose efectuado el estudio de carga y aplicado los factores respectivos, se encuentra que la carga total de la instalación es:

$$\begin{aligned} \text{Carga total} &= 241.3 + 28.4 \\ &= 269.7 \text{ KW} \end{aligned}$$

Tomando un factor de reserva 1.2 para toda la instalación encontramos la potencia del transformador a instalarse.

$$\begin{aligned} \text{Potencia del transformador} &= 269.7 \times 1.2 \\ &= 323.6 \text{ KW} \end{aligned}$$

$$\text{Factor de potencia} = 0.8$$

$$\text{KVA del transformador} = \frac{323.6}{0.8} = 404.55$$

Por defecto escogemos transformador de 400 KVA. A partir de este dato comenzamos el diseño de la subestación, teniendo en cuenta los elementos del proyecto para ésta y que pueden clasificarse como sigue:

##### 3.1.1.1. Esquema de conexiones de la subestación.

Es importante tener definido el cuadro de maniobra de la subestación, ya que de esto depende el su

ministro de energía adecuada para la planta; uno de los aspectos importantes es el grado de flexibilidad que ha de preverse en la disposición de las conexiones con miras a:

1. Simplificar las maniobras en condiciones normales y de emergencia, reduciendo la probabilidad de errores de maniobra.
2. Reducir el peligro y probabilidades de falla.
3. Reducir los costos.

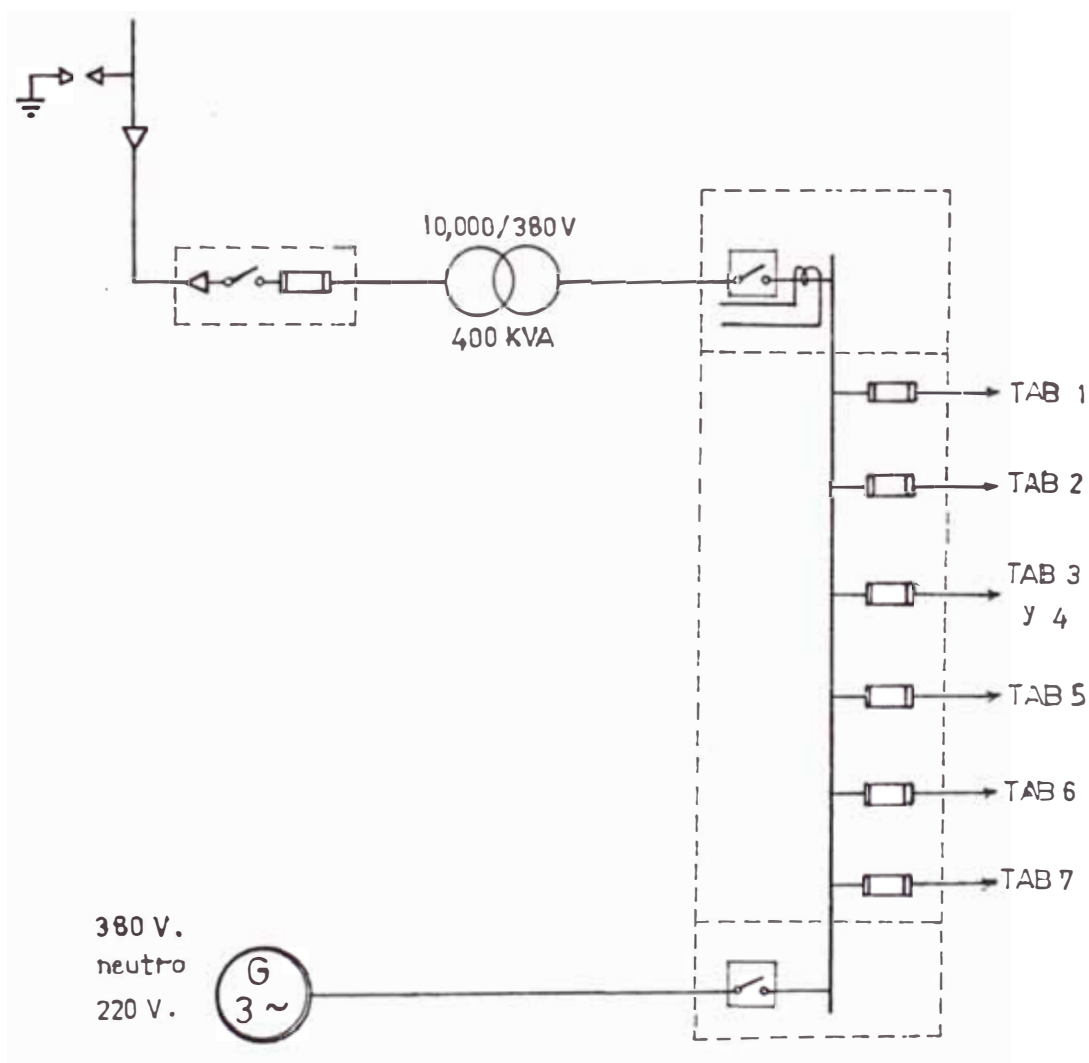


DIAGRAMA UNIFILAR DE LA SUBESTACION

### 3.1.1.2. Tablero de distribución, interruptores y barras.

Para calcular los componentes de la subestación, tales como fusibles, seccionador de A.T. y el interruptor general de B.T. se realiza el estudio de corto circuito a ambos lados del transformador. Los esfuerzos mecánicos y térmicos de las barras son cálculos que se tienen que realizar para seleccionar las barras, aisladores portabarras y dar las distancias apropiadas para prevenir daños a consecuencia de fallas que puedan ocurrir dentro de la subestación en el lado de B.T. No se hace uso de interruptor en el lado de 10 KV por considerarse suficiente el interruptor de línea del concesionario.

Se considera en cambio el uso de un sistema seccionador-fusible de 10 KV con caseta adosada al transformador, la cual debe reemplazar al sistema antiguo de fusibles en el poste de llegada el que debe colocarse al sistema de pararrayos como elemento de protección.

Puesto que la instalación de B.T. considera interruptor general, éste deberá ser del tipo automático y el estudio de cortocircuito en B.T. es suficiente para su selección.

### 3.1.1.3. Cuadros de mando, maniobra y medición.

En el lado de A.T. no habrá sistema automático de interrupción, se hará uso del seccionador-fusible accionado manualmente a distancia por medio de una palanca. En el lado de B.T. el interruptor de ingreso desde el -

transformador será automático con botonera de mando en el panel y también a mando manual en el interior.

El ingreso desde el grupo de emergencia también usará interruptor automático y para uso independiente, esto solo será maniobrado con interruptor de entrada del transformador en posición abierto, siendo ambos mutuamente excluyentes al no funcionar en paralelo.

Tal como se ve en el diagrama unifilar, la salida hacia los tableros de cada zona y uso se harán por medio de fusibles como protección de los cables alimentadores, ya que cada tablero contará con su respectivo interruptor de entrada.

El Sistema de Medición constará de: 1 amperímetro, 1 voltímetro, 1 cosfímetro, todos con tomas de tensión directa a 380 V y desde un transformador de corriente. Las salidas para la medición de energía KW-Hr para aparatos suministrado por el concesionario. El grupo tendrá su propio sistema de medición que deberá constar de: 1 amperímetro, 1 voltímetro, 1 frecuencímetro y 1 cosfímetro o vatímetro. El control del grupo electrogeno se observará con más detalle en la parte correspondiente al sistema de emergencia.

#### 3.1.1.4. Sistema de ventilación, canalizaciones y disposición de equipo.

Con miras a tener un funcionamiento adecuado de la subestación, con el espacio disponible debemos de

terminar la ubicación física de los equipos y proveer - los espacios necesarios para realizar la instalación. Toda la instalación es interior canalizaciones subterráneas, tablero con anclaje metálico a piso mediante pernos. Los cálculos a efectuarse comprenderán los detalles de dimensiones para su ejecución.

#### 3.1.1.5. Sistema de puesta a tierra.

La protección del sistema por fallas en el aislamiento del equipo instalado, así como para asegurar al personal operario contra cualquier toque eventual se deberá coordinar con la puesta a tierra en toda la planta, lo que se observará en el acápite 3.4 correspondiente al diseño del sistema de puesta a tierra. Se prevee el espacio necesario para su dimensionado.

#### 3.1.2. Cálculos de la Subestación

Con el fin de conseguir lo detallado para la subestación en las generalidades, tenemos:

##### 3.1.2.1. Corriente nominal y de cortocircuito en A.T.

Potencia 400 KVA

Tensión 10 KV

$$P = \sqrt{3} VI$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} V} = \frac{400}{\sqrt{3} \times 10} = 23.1 \text{ Amp.}$$

Se usará cable NKYA 3 x 16 mm<sup>2</sup> de 12 KV, cuya capacidad de conducción es 70 Amp. con cabezas terminales apropiadas -

das para tal cable.

Potencia de cortocircuito, dato de interruptor de línea en la Central Térmica de Iquitos entregado por ELECTRO-ORIENTE  $P_{CC} = 250 \text{ MVA}$

$$P_{CC} = \sqrt{3} V_n \times I_{CC}$$

$$I_{CC} = \frac{P_{CC}}{\sqrt{3} V_n} = \frac{250}{\sqrt{3} \times 10}$$

El seccionador y fusibles de 10 KV se dimensionan con:

$$I_{ch} = 1.8 \times \sqrt{2} \times I_{CC} = 1.8 \times 1.41 \times 14.4 = 36.6 \text{ KA}$$

Valor aproximado del cortocircuito instantáneo, corriente de choque o de límite dinámico, se escoge:

Seccionador: 400 Amp; 16 KA ( $I_{CC}$ ); 40 KA ( $I_k$ )

Fusibles: 12 KV, 40 Amp., 25 KA ; 50 KA.

3.1.2.2. Corriente nominal y de cortocircuito en B.T.

Potencia: 480 KVA

Tensión : 380 V

$$P = \sqrt{3} VI$$

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} V} = \frac{480}{\sqrt{3} \times 0.38} = 608.4 \text{ Amp.}$$

Corriente nominal en B.T. = 608.4 Amp.

Corriente de cortocircuito  $I_{CC}$  empleando cálculo por unidad como sigue:

Tensión de c.c. del transformador 5.5%

$$Z_T = 5.5\%$$



Impedancia equivalente de la red hasta el lado de A.T. -  
en el transformador:

$$Z_r = \frac{KVA_{base} \times 100}{KV_{régimen}} \%$$

$KVA_{base} = 400$  KVA potencia del transformador

$KVA_{régimen} = 250$  MVA potencia de cortocircuito, luego:

$$Z_r = \frac{400 \times 100}{250,000} = 0.16\%$$

Despreciando la impedancia de los motores de inducción -  
carga mayoritaria:

$$Z_{eq} = Z_T + Z_r = 5.5 + 0.16 = 5.66\%$$

y la  $I_{cc}$  referido al lado de B.T. será:

$$I_{cc} = \frac{100 KVA_{base}}{Z_{eq} \times \sqrt{3} KV} = \frac{100 \times 400}{5.66 \times \sqrt{3} \times 0.38}$$

$$= 10750 \text{ Amp} = 10.75 \text{ KA}$$

Con los dos valores de corriente se selecciona el inte -  
rruptor principal de B.T. que según catálogo SACE será -  
interruptor de 800 Amp. con corriente  $I_{cc}$  simétrica de  
45 KA ó 30 KA, ambos satisfacen las necesidades de la -  
instalación.

3.1.2.3. Barras y aisladores, esfuerzos térmicos y mecá  
nicos.

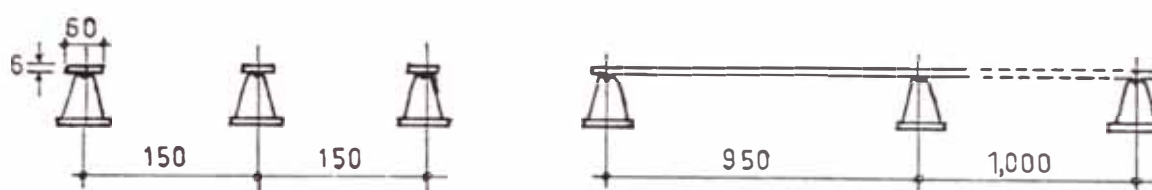
Para la corriente en B.T. del tablero princi -  
pal de la subestación se escogen barras de cobre electro  
lítico 99.9% de pureza con una sección rectangular de 60

x 6 mm y cuya capacidad de conducción es 724 Amp. con la que se puede aumentar la potencia nominal a:

$$\text{KVA} = 3 \times 0.38 \times 724 = 476 \text{ KVA}$$

Es decir 19% de sobrecarga en el transformador.

Asumimos la siguiente disposición de barras:



El esfuerzo térmico debido a la corriente de cortocircuito por calentamiento máximo permisible viene dado por - la fórmula:

$$I_{th} = K.s. \sqrt{\frac{\Delta T}{t}}$$

donde:  $I_{th}$  corriente máxima permisible por efectos -  
térmicos en las barras.

K constante del material de la barra, 13 pa  
ra el Cu.

$\Delta T$   $T_1 - T_0$  diferencia de temperaturas entre  
 $T_1$ , temperatura luego de t seg. del c.c.  
y  $T_0$  temperatura de régimen de la barra -  
valores normales de T entre 80 y 175°C a  
sumimos  $\Delta T = 120^\circ\text{C}$ .

t tiempo de duración de la corriente de cor  
tocircuito en segundos, tiempo máximo de  
desconexión por reles de interruptor, 1 -  
segundo.

s sección recta de la barra en  $\text{mm}^2$ , 60 x 6 mm.

luego:

$$I_{th} = 13 \times 360 \times \sqrt{\frac{120}{1}} = 51,267 \text{ Amp.}$$

Valor correcto por las barras puesto que la corriente máxima será:

$$I_{ch} = 1.8 \times 2 \times I_{cc} = 1.8 \times 2 \times 10.75 = 27.4 \text{ KA}$$

El cálculo de los esfuerzos mecánicos se basa en la fórmula siguiente:

$$P = 2.04 \frac{K \cdot I_0^2 \cdot p \cdot 10^{-8}}{d} \text{ Kg/cm}$$

donde P esfuerzo lineal de la barra en Kg/cm  
 K factor de corrección de forma para barras  
 p factor de esfuerzos que depende de muchos factores como la amortiguación mecánica, la frecuencia, la razón del decremento de la intensidad y la rigidez mecánica de los aisladores.

$I_0$  valor inicial eficaz total (asimétrico) de la corriente de cortocircuito en amperios.

d separación de barras en cms.

Puesto que los valores de K, p e  $I_0$ , especialmente este último, requiere ensayos y curvas de decremento, la fórmula anterior se aproxima a la siguiente:

$$P = 2.04 \frac{(I_{ch})^2}{d} \text{ Kg/mt}$$

$I_{ch}$  corriente de choque en KA 27.4.

d separación entre barras en cms. 15

$$P = 2.04 \times \frac{(27.4)^2}{15} = 102.1 \text{ Kg/mt}$$

La resistencia de las barras viene dada por el momento - resistente a la flexión:

$$W_B = \frac{1}{6} b \times h^2$$

con:  $b = 6 \text{ mm}$  y  $h = 60 \text{ mm}$ .

$$W_B = \frac{1}{6} \times 0.6 \times 6^2 = 3.6 \text{ cm}^3$$

Este valor debe ser mayor que el momento flector originado por el esfuerzo lineal  $P$  que se calcula de la siguiente forma, si consideramos las barras como vigas sometidas a una carga uniformemente repartida, el momento de flexión  $M_B$  es:

$$M_B = \frac{F.L.}{16}$$

donde:  $F = P.L = 102.1 \frac{\text{Kg}}{\text{mt}} \times 1 \text{ mt} = 102.1 \text{ Kg}$ .

luego:

$$M_B = \frac{102.1 \times 100}{16} = 638.15 \text{ Kg-cm}$$

La carga admisible para el cobre es:  $K_B = 1100 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$

Entonces:  $W_B = \frac{M_B}{K_B} = \frac{638.15}{1100} = 0.58 \text{ cm}^3$

ya que este valor es menor que  $3.6 \text{ cm}^3$  se considera adecuado, teniendo un factor de seguridad:

$$f.s = \frac{3.6}{0.58} = 6.21$$

Finalizamos el cálculo de barras calculando la frecuen -

cia de oscilación propia de las barras para evitar los múltiplos de 60 Hz que producirían esfuerzos por resonancia y se calcula con:

$$f = 112 \sqrt{\frac{E \cdot I}{G \cdot L^4}}$$

donde E módulo de elasticidad del cobre  $1.25 \times 10^6 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$   
 I momento de inercia de la barra

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} = \frac{0.6 \times 6^3}{12} = 10.8 \text{ cm}^4$$

G peso del conductor en Kg/cm, 0.0324 Kg/cm.

L 100 cm tramo mayor entre apoyos.

Reemplazando:

$$f = 112 \sqrt{\frac{1.25 \times 10^6 \times 10.8}{0.0324 \times 100^4}} = 228.6 \text{ Hz}$$

Valor que se encuentra por debajo de un múltiplo cercano por lo que las dimensiones y disposición asumida es correcta. Los aisladores estarán sometidos a una fuerza máxima:

$$F = P \cdot L = 102.1 \frac{\text{Kg}}{\text{mt}} \times 1.0 \text{ mt} = 102.1 \text{ Kg}$$

Los aisladores serán tipo "A" cuyo esfuerzo máximo es de 250 Kg.

#### 3.1.2.4. Ventilación y canalizaciones.

Es necesario conocer la cantidad de calor cedido al aire por las pérdidas que genera el transformador trifásico de 400 KVA a 10 KV, es con buena aproximación correcta decir que la eficiencia de este transformador es 98.5%, por lo que sus pérdidas serán:

$$\frac{400 \times 1.5}{98.5} = 6.091 \text{ Kw}$$

La cantidad de aire necesario para evacuar el calor correspondiente a 1 Kw/hr viene dado por la fórmula dada por G. Zoppetti en "Estaciones transformadores y de distribución":

$$Q = \frac{866 T}{0.238 (t_1 - t) \cdot 342 p} \text{ m}^3/\text{Kw-hr}$$

donde T temperatura del aire de ingreso  $273 + t$

$t_1$  temperatura del aire en el interior max.  $50^\circ\text{C}$

t temperatura del aire exterior en ingreso  $35^\circ\text{C}$

p presión del aire o mezcla en atmósferas y se considera aire seco, condición crítica 1 at.

El volumen de aire necesario por Kw-hr:

$$Q = \frac{866 \times (273 + 35)}{0.238 \times 15 \times 342 \times 1} = 21.9 \frac{\text{m}^3}{\text{KW-hr}}$$

Por lo que el caudal será:

$$6.091 \text{ Kw} \times 21.9 \frac{\text{m}^3}{\text{Kw-hr}} = 1333.9 \frac{\text{m}^3}{\text{hr}}$$

o su equivalente:

$$v_i = 0.37 \frac{\text{m}^3}{\text{seg}}$$

Por diferencia de temperaturas el volumen de aire en la salida sera mayor.

Peso específico del aire a  $35^\circ\text{C}$ ,  $\gamma_{35} = 1.1 \text{ Kg/m}^3$

Peso específico del aire a  $50^\circ\text{C}$ ,  $\gamma_{50} = 1.05 \text{ Kg/m}^3$

$$v_s = \frac{1.1}{1.05} \times 0.37 = 0.388 \text{ m}^3/\text{seg}$$

Esto da origen a una fuerza ascensional de circulación \_

natural cuyo valor de calcula de acuerdo a:

$$P_0 = h \left( \frac{1}{1 + \alpha t} - \frac{1}{1 + \alpha t_1} \right) = hK$$

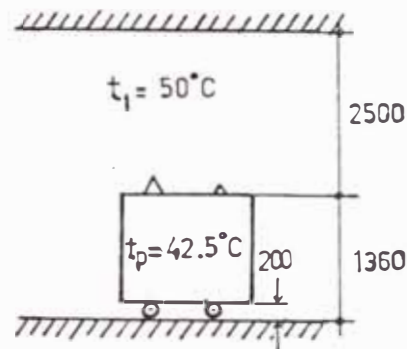
siendo  $h$  = altura en la zona de cálculo.

De acuerdo con el gráfi

co consideramos 2 zonas:

$h_c$  = zona de calentamien  
to.

$h$  = altura promedio por  
encima del trans -  
formador.



$$h_c = 1360 - 200 = 1160 \text{ mm} \quad \text{y} \quad h = 2500 \text{ mm}$$

$$t_c = 42.5^\circ\text{C} \quad t_1 = 50^\circ\text{C}$$

$$K = 0.02 \text{ con } t_1 = 42.5^\circ\text{C} \quad \text{y} \quad t = 35^\circ\text{C}$$

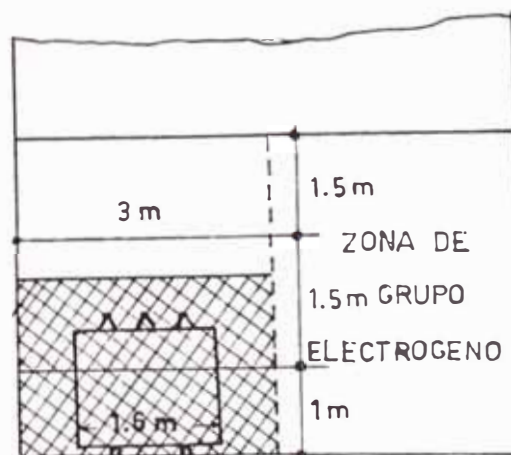
$$K = 0.041 \text{ con } t_1 = 50^\circ\text{C} \quad \text{y} \quad t = 35^\circ\text{C}$$

Luego:  $P_0 = 0.02 \times 1.16 + 0.041 \times 2.5$

$$P_0 = 0.1257 \text{ m de aire}$$

Sección necesaria de  
los canales de venti  
lación.

Puesto que la subes-  
tación puede elegir-  
se de diversas mane-  
ras, se asume subes-  
tación de frente a-  
bierto con un enma -



llado de 2 metros de altura considerando para el transformador una longitud de 3 metros y 1.6 metros de ancho, se considera una sección de entrada  $A_e = 3 \text{ m}^2$ , una zona estanca y una sección de salida  $A_s = 4.5 \text{ m}^2$  con una altura de entrada de 1 metro, altura estanca 1.5 mt y altura de salida 1.5 mt. suponiendo que el aire estuviera quieto, se deberán vencer las siguientes resistencias de presión:

$$P_0 = \frac{v_e^2}{2g (1 + \alpha t)} (1 + \Sigma\theta) + \frac{v_s^2}{2g (1 + \alpha t)}$$

donde  $v_e$  velocidad de entrada

$$v_e = \frac{Q_{\text{entrada}}}{A_{\text{entrada}}} = \frac{0.37 \text{ m}^3/\text{seg}}{3.0 \text{ m}^2} = 0.123 \text{ m/seg}$$

$v_s$  velocidad en la salida

$$v_s = \frac{Q_{\text{salida}}}{A_{\text{salida}}} = \frac{0.388 \text{ m}^3/\text{seg}}{4.5 \text{ m}^2} = 0.086 \text{ m/seg}$$

$\Sigma\theta$  suma de otros factores de pérdidas, como son

- Pérdidas por efecto de la rejilla:

$\theta = 1$  para rejilla cuya anchura de mallas es de 10 a 20 mm con diámetro de hilo de 1.2 mm, de escogerse mayor abertura  $\theta = 1$  (se calcula valor crítico).

- Pérdidas por efecto de estrechamiento:

$$\theta = \left(\frac{1}{\phi^2} - 1\right), \quad \phi \text{ coeficiente de pérdidas}$$

por estrechamiento en la zona del transformador con  $A_e = 3.0 \text{ m}^2$  y se estrecha a  $1.4 \text{ m}^2$ .



$$f = \frac{A_t}{A_e} = \frac{1.4}{3.0} = 0.684$$

para  $f = 0.7$   $\phi = 0.91$ , lo que dá  $\theta = 0.91$

No existiendo otro tipo de pérdidas con:

$$\alpha = 0.00366 \quad g = 9.8 \text{ mt/seg}^2$$

$$P_0 = \frac{(0.123)^2}{2 \times 9.8 (1 + 0.00366 \times 35)} (1 + 1 + 0.208) + \frac{(0.086)^2}{2 \times 9.8 (1 + 0.00366 \times 50)}$$

$$P_0 = 0.00183 \text{ mts de aire.}$$

Como vemos la altura de pérdidas es bastante pequeña:

$$0.1257 \gg 0.00183$$

por lo que la circulación natural no presentará dificultades por ventilación.

### 3.1.2.5. Tablero general de distribución.

El tablero del lado de 380 V, comprende 3 paneles o cuerpos, en el primer panel se encuentra la entrada a barras con interruptor automático termomagnético, con relé de mínima tensión y sistema de bloqueo por interruptor del sistema de emergencia; con transformadores de corriente en las fases R y T, relación 1000/5 A, tensión de aparatos de medición directo o con neutro a 220 V, amperímetro escala de 0-1000 A, voltímetro de 0-500 V con conmutadores de amperímetro y voltímetro en la puerta.

La acometida desde el transformador hasta el tablero se

hará por medio de 2 ternas de cable # 400 MCM con capaci  
dad de 335 Amp. cada una.

Asimismo los push-button con lámparas de señalización pa  
ra arranque y parada en la puerta del panel.

En el panel 2 se encuentra la distribución a los table -  
ros de cada zona y en ella se encuentran los fusibles de  
protección de la acometida y éstas se calculan con la si  
guiente fórmula:

$$\text{Amp.} = 1.9 \text{ Kw}$$

Acometida tablero N° 1 = 77.4 Kw x 1.9 = 147.6 Amp.

Acometida tablero N° 2 = 59.7 Kw x 1.9 = 113.4 Amp.

Acometida tablero N° 3 = (63.6 + 29.15)

y tablero N° 4 92.75 Kw x 1.9 = 176.2 Amp.

Acometida tablero N° 5 = 47.9 Kw x 1.9 = 91.01 Amp.

Acometida tablero N° 6 = 19.5 Kw x 1.9 = 37.05 Amp.

Acometida tablero N° 7 = 13.2 Kw x 1.9 = 25.1 Amp.

Con estos valores se escogen cables y fusibles:

Tablero N° 1	cable 2/0	fusibles 200 Amp.
Tablero N° 2	cable 1/0	fusibles 200 Amp.
Tableros Nros. 3 y 4	cable 3/0	fusibles 300 Amp.
Tablero N° 5	cable 1 AWG	fusibles 200 Amp.
Tablero N° 6	cable 6 AWG	fusibles 63 Amp.
Tablero N° 7	cable 6 AWG	fusibles 40 Amp.

La selección de los fusibles como protección de la acome  
tida a tableros de distribución sigue criterios variados  
asumimos buscar fusibles comprendidos entre el 125% y -

230% de la capacidad nominal observando las características de la carga y existencia en el comercio.

En el panel N° 3 se encuentra el interruptor del grupo - de emergencia de características similares al del panel N° 1 que se detallan en el capítulo 4, sección 4.3.3.

Las dimensiones y espaciamentos interiores del tablero deben observar los límites tolerados por las normas, por ser ellas esenciales para su diseño y construcción, estas son:

Separación entre conductores

10 cm + 1 cm por cada KV o fracción

Separación entre fase y tierra

8 cm + 0.6 cm por cada KV o fracción

Para instalaciones a la intemperie

- 6000 V ó menos

distancia entre fases 15 cms.

distancia entre fase y tierra 15 cms.

- 10000 V ó

distancia entre fases 25 cms.

distancia entre fase y tierra 20 cms.

El neutro del transformador será llevado a través de un cuarto conductor hasta el tablero general a una barra, cuya función será útil en la puesta a tierra de la instalación. Se reservará un espacio en el Panel N° 1 para el contador de energía Kw-hr.

Con las características mencionadas el tablero de dis-

tribución será de las dimensiones que se dan a continuación con la ubicación de los equipos en los esquemas - que se muestran.

### 3.2. DISEÑO DE LAS INSTALACIONES DE FUERZA

#### 3.2.1. Generalidades

Las instalaciones de fuerza comprende todo lo referente a la acometida a tableros, tableros de distribución y conductores de alimentación a los motores en la zona de influencia del tablero. Se realiza el diseño referido a los tableros 3, 4 y 5, objeto de la ampliación y éstos son:

##### 3.2.1.1. Conductores de alimentación

El cálculo del calibre de los conductores se efectúa considerando:

1. La corriente de diseño, cuyo cálculo para los motores de los tableros mencionados ya se realizó en el estudio de carga de la instalación, acápite 2.1.2 y para los alimentadores de los tableros esta corriente se calculó en 3.1.2.5, acápite correspondiente a tablero general de distribución de la subestación.
2. La caída de tensión comprobando el calibre escogido por la corriente de diseño, utilizando la fórmula:

$$\Delta V = \sqrt{3} I \times Z \cos (\phi - \theta)$$

donde: I corriente de régimen a plena carga

Z impedancia del conductor

$\phi$  angulo de impedancia del conductor

ángulo de desfasaje equivalente al factor de potencia si es  $\cos\theta$  en la fórmula  
 $\cos\theta = 0.8$

con  $Z = R = \rho \frac{L}{S}$  resistencia del conductor

donde :  $\rho$  resistividad del cobre  $0.0172 \text{ Ohms} - \frac{\text{mm}^2}{\text{mts}}$   
 $L$  longitud del conductor en mts.  
 $S$  sección del conductor en  $\text{mm}^2$ .

Reemplazando y efectuando en la fórmula V, queda:

$$\Delta V = 0.0238 \frac{L \cdot I}{S}$$

Máxima caída de tensión permitida por el CEP es 3% para instalaciones de fuerza, en la instalación  $V = 380$  voltios, luego:  $\Delta V = 11.4$  voltios máximo.

Se utiliza  $\Sigma \frac{L \cdot I}{S}$  cuando la carga a ser alimentada llega a serlo luego de pasar por varios tramos de diferentes conductores y corrientes, los cuales producen caídas de tensión cuyo total no debe exceder del 3% ó 11.4 voltios señalados.

Algunos criterios adicionales en la selección de conductores, evaluar la temperatura del medio ambiente y la temperatura de trabajo del conductor. Los cables a escoger deberán trabajar normalmente a  $75^\circ\text{C}$  y con un ambiente de  $30^\circ\text{C}$ , si estuviera bajo el piso y a  $35^\circ\text{C}$  con un factor de corrección 0.92-0.94. Se considera despreciable.

### 3.2.1.2. Tableros de distribución.

El primer cálculo a efectuarse será para determinar la ubicación de los tableros, lo cual nos dará un avance para el metrado de cables y ductos a usarse en la instalación, este cálculo se basa en la ubicación del - centro de gravedad de la carga en la zona de trabajo - del tablero, en este caso los tableros 3 y 4 tienen car gas dispersas y su ubicación no obedece a un criterio exacto sino a una aproximación adecuada al centro de gra vedad deducida por el sentido común. Para el caso del - tablero N° 5 cuya carga es el molino N° 2, la considero como carga concentrada con una distancia máxima de 12 me tros del motor al tablero.

El cálculo para tableros, corresponde generalmente a la selección de todo el equipo referente a: Entrada (inte rruptor de maniobra), sistema de protección (fusibles) y también térmicos, sistema de control (contactores y boto neras de arranque y parada), señalización (lámparas); no es necesario aparatos de medición. Se dan los esquemas de disposición de equipos y dimensionamiento de los ta bleros para su fabricación.

### 3.2.1.3. Planos de instalación.

Corresponde a la vista de planta y de elevación de las Plantas Nros. 1 y 2, donde se puede observar: La ubicación de los tableros, ubicación de los motores, re corrido y dimensionado de zanjás y ductos, ubicación de

los buzones, ejes de referencia para la ubicación de los tableros y el diagrama de bloques del proceso de producción.

### 3.2.2. Cálculos

#### 3.2.2.1. Ubicación de tableros.

Se hace uso de las siguientes fórmulas:

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} P_i \cdot X_i}{\sum_{i=1}^{i=n} P_i}$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} P_i \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^{i=n} P_i}$$

donde :    X    centro de gravedad eje X  
           Y    centro de gravedad eje Y  
           P<sub>i</sub>   potencia del motor i en HP  
           X<sub>i</sub>   distancia del motor i al eje X  
           Y<sub>i</sub>   distancia del motor i al eje Y.

En las tablas que siguen se dan las distancias X, Y y Z, referido al origen (0<sub>1</sub>) del sistema de referencia en el plano de la Planta N° 1 P-03 y al origen 0<sub>2</sub> en el plano de la Planta N° 2 P-05. Z es la altura sobre el nivel - 0.3 en los planos de elevación. Con estos valores podemos obtener fácilmente el metrado para la instalación.

TABLA N° 3.2.1

DISTANCIAS PARA UBICACION TABLERO N° 3 - PLANO P-03

MOTOR N°	POTENCIA HP	X mts	Y mts	Z mts	TIPO DE AC- CIONAMIENTO
1	4.0	9.75	7.25	6.75	Elevador
2	4.0	13.33	4.88	9.80	Elevador
3	12.5	15.0	9.0	13.55	Elevador
4	7.5	18.75	7.25	9.0	Elevador
5	10.0	16.5	- 1.5	27.7	Elevador
6	10.0	10.5	10.9	2.0	Extractor
7	12.5	12.0	- 5.25	1.4	Zaranda
8	20.0	6.0	-11.25	0.6	Ventilador
9	20.0	27.0	-11.25	0.6	Ventilador
10	0.5	10.0	- 6.75	18.4	Distribuidor
11	0.5	22.5	- 6.75	18.4	Distribuidor
12	4.0	15.0	- 3.0	0.6	Sinfin
13	4.0	17.4	- 3.0	0.6	Sinfin
14	3.0	10.0	- 6.75	0.6	Sinfin
15	3.0	22.5	- 6.75	0.6	Sinfin

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^{i=15} P_i \cdot I_i}{\sum_{i=1}^{i=15} P_i} = 15.6 \text{ mts}$$

Ubicarse a esta distancia es inconveniente por encontrar se un silo, por lo que se ubica 2.6 metros más cerca al punto de referencia, así:

$$X = 13.0 \text{ mts}$$



$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^{i=15} P_i \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^{i=15} P_i} = \frac{-277.45}{111.5} = -2.5 \text{ mts}$$

Esto indica tablero al exterior, por convenir se elige:

$$\bar{Y} = 0.0 \text{ mts}$$

TABLA N° 3.2.2

DISTANCIAS PARA UBICACION TABLERO N° 4 - PLANO P-05

MOTOR N°	POTENCIA HP	X mts	Y mts	Z mts	TIPO DE ACCIONAMIENTO
1	2.0	4.3	5.0	5.5	Elevador
2	2.0	8.3	7.4	6.4	Elevador
3	7.5	4.1	11.2	11.3	Elevador
4	7.5	- 1.7	8.5	24.8	Elevador
5	4.0	5.3	6.7	1.8	Zaranda
6	10.0	3.1	15.8	3.0	Extractor
7	0.5	- 6.6	5.6	17.2	Distribuidor
8	3.0	- 2.6	8.3	0.6	Sinfin
9	2.0	- 6.6	5.6	0.6	Sinfin
10	10.0	-10.5	2.6	0.6	Ventilador

$$\bar{X} = \frac{-21.83}{48.5} = -0.45$$

Por conveniencia  $\bar{X} = 0.0$

$$\bar{Y} = \frac{421.95}{48.5} = 8.7$$

distancia correcta.

La ubicación del tablero N° 5 se da por facilidad en el lugar indicado en el plano P-05, ya que la carga del molino N° 2 es concentrada, distancia promedio 10 metros - para cada motor.

### 3.2.2.2. Cálculo de conductores por caída de tensión.

Al tener la intensidad de corriente necesaria en los tableros y en cada motor, se escoge el conductor que lo alimentará, esta comprobación se hará calculando la caída de tensión desde el transformador hasta el punto de utilización, estos cálculos son:

Caída de tensión en subestación al tablero general:

$$L = 6 \text{ mts}$$

$$I = 608.4 \text{ Amp}$$

$$S = 405.4 \text{ mm}^2, \text{ 2 ternas de cable 400 MCM}$$

$$\Delta V = 0.0238 \times \frac{6 \times 608.4}{405.4} = 0.21 \text{ voltios}$$

o un equivalente a 0.0564 %.

Caída de tensión en el cable alimentador desde la subestación al tablero N° 3:

$$L = 34 \text{ mts}$$

$$I = 176.2 \text{ Amp}$$

$$S = 85.02 \text{ mm}^2, \text{ 1 terna de cable 3/0 AWG}$$

$$\Delta V = 0.0238 \times \frac{34 \times 176.2}{85.02} = 67 \text{ voltios}$$

o un equivalente a 0.441 %.

Caída de tensión en el cable alimentador desde el tablero N° 3 a cada motor.

De la tabla N° 3.2.1 y con la ubicación del tablero N° 3 con  $X = 13.0$  mts e  $I = 0.0$  mts, la distancia del tablero a cada motor puede hallarse fácilmente haciendo la diferencia  $X_i - X$  y sumando  $X_i - X + Y_i + Z_i = L$  obteniéndose la tabla que se muestra a continuación en el que además se dá el calibre, la sección y la caída de tensión del conductor.

TABLA N° 3.2.3

## CONDUCTORES A MOTORES DEL TABLERO N° 3

MOTOR N°	CORRIENTE $I_n$ Amp.	CALIBRE AWG	SECCION $mm^2$	LONGITUD mts	CAIDA DE TENSION %
1	5.672	14	2.08	17.0	0.29
2	5.672	14	2.08	15.1	0.26
3	17.7	10	5.26	24.5	0.52
4	10.635	12	3.31	20.0	0.4
5	14.18	10	5.26	32.7	0.55
6	14.18	10	5.26	15.4	0.26
7	17.7	10	5.26	7.7	0.16
8	28.36	6	13.30	18.9	0.25
9	28.36	6	13.30	25.8	0.34
10	0.709	14	2.08	34.6	0.07
11	0.709	14	2.08	28.2	0.06
12	5.672	14	2.08	5.6	0.1
13	5.672	14	2.08	8.0	0.14
14	4.25	14	2.08	10.4	0.13
15	4.25	14	2.08	16.9	0.22

La máxima caída de tensión corresponde al motor del elevador E5 con un total de:

$$0.55 + 0.44 + 0.06 = 1.05\%$$

Para el tablero N° 4, cuya acometida se deriva de la acometida del tablero N° 3 antes del interruptor, con fusibles de protección de acometida en el tablero.

La carga del tablero N° 4 es 29.15 que corresponde a una corriente de régimen de 55.38 Amp. Se escoge conductor N° 2 AWG, cuya capacidad es de 115 amperios.

Con estos datos podemos calcular la caída de tensión del tablero N° 3 al tablero N° 4.

$$L = 40 \quad \text{mts}$$

$$S = 33.63 \text{ mm}^2$$

$$I = 55.38 \text{ Amp.}$$

$$\Delta V = 0.0238 \times \frac{40 \times 55.38}{33.63} = 1.57 \text{ voltios}$$

o su equivalente en % : 0.41%.

La caída de tensión del tablero N° 4 a cada motor, de manera similar al tablero N° 3 en la tabla N° 3.2.3, se tendrá la siguiente tabla.

TABLA N° 3.2.4

CONDUCTORES A MOTORES DEL TABLERO N° 4

MOTOR N°	CORRIENTE I <sub>n</sub> Amp.	CALIBRE AWG	SECCION mm <sup>2</sup>	LONGITUD mts	CAIDA DE TENSION %
1	2.84	14	2.08	13.5	0.11
2	2.84	14	2.08	16.0	0.14

sigue ...

3	10.65	12	3.31	17.9	0.36
4	10.65	12	3.31	26.7	0.54
5	5.68	14	2.08	9.1	0.16
6	14.2	10	5.26	13.2	0.22
7	0.71	14	2.08	26.9	0.06
8	4.26	14	2.08	3.6	0.05
9	2.84	14	2.08	10.3	0.09
10	14.2	10	5.26	17.2	0.29

La máxima caída de tensión corresponde al motor del elevador E4 con:

$$0.54 + 0.41 + 0.44 + 0.06 = 1.45\%$$

El tablero N° 5 cuya carga es 91.01 Amp. se alimentará - con conductor N° 1 AWG, alimentado desde la subestación, distante 50 metros aproximadamente.

$$L = 50 \text{ mts}$$

$$S = 42.41 \text{ mm}^2$$

$$I = 91.01 \text{ Amp.}$$

$$\Delta V = 0.0238 \times \frac{50 \times 91.01}{42.41} = 2.6 \text{ voltios}$$

$$\Delta V = 0.67\%$$

TABLA N° 3.2.5

CONDUCTORES A MOTORES DEL TABLERO N° 5

MOTOR N°	CORRIENTE $I_n$ Amp.	CALIBRE AWG	SECCION $\text{mm}^2$	LONGITUD mts	CAIDA DE TENSION %
1	28.4	6	13.3	8	0.1
2	21.3	8	8.37	6	0.09

sigue ...

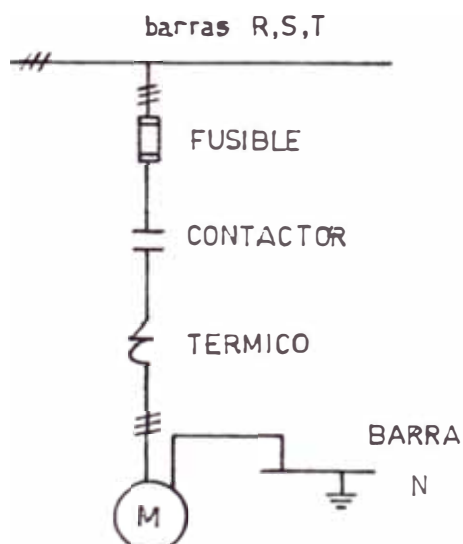
3	7.1	14	2.08	10	0.21
4	14.2	10	5.26	10	0.17
5	14.2	10	5.26	12	0.2

La caída máxima de tensión desde el transformador, corresponde a M3 con:

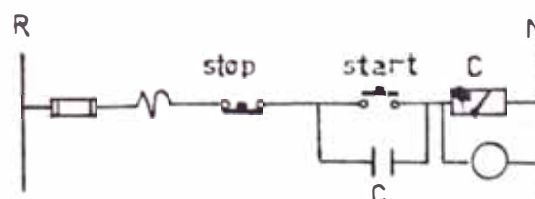
$$0.06 + 0.67 + 0.21 = 0.94\%$$

### 3.2.2.3. Tableros de distribución.

Consiste principalmente en dar las bases necesarias para su construcción, esto es las dimensiones de ellas, el contenido y disposición de equipo, características. De acuerdo a los esquemas de principio para acometida y protección de motores, como para control y señalización de los mismos, los que se dan a continuación:



CONEXION Y PROTECCION DE  
INSTALACION DE FUERZA



CONTROL Y SEÑALIZACION  
EN TABLERO

De acuerdo a los esquemas básicos se realiza la conexión de los motores que pertenecen a los tableros de la ampliación, efectuándose la selección de los componentes de los tableros de distribución.

La selección de fusibles se hace de la siguiente forma: capacidad de fusible entre 110% a 150% de la corriente - de régimen a plena carga con fusibles tapón roscado Diazed de 4, 6, 10, 16 y 20 Amp. y con fusibles cartucho a presión NH de 35, 40 y 63 amperios.

Los fusibles de protección para la acometida de cada tablero se encuentran en el panel N° 2 del tablero general de distribución de la subestación, excepto el del tablero N° 4, cuyos fusibles se encuentran en el tablero N° 3 y tienen una capacidad mínima de 100 Amp. Todos los fusibles de protección de acometida serán tipo cartucho extraíble con capacidades que se dan en 3.1.2.5.

La entrada a barras en cada tablero se hará por medio de interruptores de manobra, de mando frontal con bloqueo de puerta por manija del interruptor en posición cerrada con las siguientes capacidades:

- Interruptor de 300 Amp o más para tablero N° 3
- Interruptor de 100 Amp o más para tablero N° 4
- Interruptor de 200 Amp o más para tablero N° 5

Los contactores térmicos se seleccionan de manera similar a la selección de fusibles de acuerdo con la corrien

te nominal de los motores a controlar, teniendo en cuenta que los fabricantes ofrecen valores standard de tales dispositivos. Los pulsadores de arranque y parada, así como las lamparitas de señalización serán ubicadas en las puertas de los tableros, debiendo ser apropiadas para tal uso.

La distribución en el tablero se hará desde un sistema de barras de cobre electrolítico de 99.9% de pureza y cuya sección mínima será 20 x 3 mm convenientemente aisladas y protegidas. Una cuarta barra irá en la parte inferior para fines de protección por puesta a tierra, así como neutro de la instalación a 220 V con fase. No se considera protección especial para barras, ya que la protección por fusibles de la acometida de los tableros se considera suficiente. Observando que la corriente de cortocircuito - en el lado de B.T. en la subestación es 10.75 KA se esperan valores menores en los tableros secundarios. Los esquemas que siguen dan más detalles sobre los tableros.

### 3.3. DISEÑO DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO

#### 3.3.1. Generalidades sobre iluminación

Tiene como objetivo habilitar luz suficiente en todos los puntos donde sea necesario en condiciones normales, adecuándose a los niveles de iluminación recomendados que van alcanzando niveles óptimos, de acuerdo al desarrollo en el campo de la iluminación, esto es alta eficiencia en energía y costo.

Las consideraciones técnicas y definiciones son muy am-



plias en alumbrado, para la aplicación particular a la - planta industrial en referencia podemos clasificarla co mo:

### 3.3.1.1. Requisitos y características del alumbrado.

Con el fin de obtener un grado de iluminación adecuado se hace la siguiente coordinación:

- Nivel de iluminación - objeto a iluminar.
- Método de iluminación - distribución de luminarias.
- Sistema de iluminación- control de iluminación.

Como en la planta piladora de arroz hay diferentes zonas de trabajo, cada una de ellas tendrá un nivel de iluminación de acuerdo a la recomendación de los manuales de A lumbrado y será la siguiente:

Zonas a iluminar	Nivel de iluminación en lux
Zonas de circulación, pasillos .....	100
Almacenes y depósitos...	150
Procesos automáticos ...	200
Zonas generales de trabajo .....	300

Se ha considerado como zonas de circulación la zona exterior a la planta donde se encuentran los silos almacenados con un área total de 180 mts<sup>2</sup>.

Zonas de almacenes y depósitos en la planta N° 1 y planta N° 2, también la subestación. Como procesos automáticos se considera la planta N° 1 en la zona de tolva, za-

TABLA N° 3.2.1

DISTANCIAS PARA UBICACION TABLERO N° 3 - PLANO P-03

MOTOR N°	POTENCIA HP	X mts	Y mts	Z mts	TIPO DE AC- CIONAMIENTO
1	4.0	9.75	7.25	6.75	Elevador
2	4.0	13.33	4.88	9.80	Elevador
3	12.5	15.0	9.0	13.55	Elevador
4	7.5	18.75	7.25	9.0	Elevador
5	10.0	16.5	- 1.5	27.7	Elevador
6	10.0	10.5	10.9	2.0	Extractor
7	12.5	12.0	- 5.25	1.4	Zaranda
8	20.0	6.0	-11.25	0.6	Ventilador
9	20.0	27.0	-11.25	0.6	Ventilador
10	0.5	10.0	- 6.75	18.4	Distribuidor
11	0.5	22.5	- 6.75	18.4	Distribuidor
12	4.0	15.0	- 3.0	0.6	Sinfin
13	4.0	17.4	- 3.0	0.6	Sinfin
14	3.0	10.0	- 6.75	0.6	Sinfin
15	3.0	22.5	- 6.75	0.6	Sinfin

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^{i=15} P_i \cdot I_i}{\sum_{i=1}^{i=15} P_i} = 15.6 \text{ mts}$$

Ubicarse a esta distancia es inconveniente por encontrar se un silo, por lo que se ubica 2.6 metros más cerca al punto de referencia, así:

$$X = 13.0 \text{ mts}$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^{i=15} P_i \cdot Y_i}{\sum_{i=1}^{i=15} P_i} = \frac{-277.45}{111.5} = -2.5 \text{ mts}$$

Esto indica tablero al exterior, por convenir se elige:

$$\bar{Y} = 0.0 \text{ mts}$$

TABLA N° 3.2.2

DISTANCIAS PARA UBICACION TABLERO N° 4 - PLANO P-05

MOTOR N°	POTENCIA HP	X mts	Y mts	Z mts	TIPO DE ACCIONAMIENTO
1	2.0	4.3	5.0	5.5	Elevador
2	2.0	8.3	7.4	6.4	Elevador
3	7.5	4.1	11.2	11.3	Elevador
4	7.5	- 1.7	8.5	24.8	Elevador
5	4.0	5.3	6.7	1.8	Zaranda
6	10.0	3.1	15.8	3.0	Extractor
7	0.5	- 6.6	5.6	17.2	Distribuidor
8	3.0	- 2.6	8.3	0.6	Sinfin
9	2.0	- 6.6	5.6	0.6	Sinfin
10	10.0	-10.5	2.6	0.6	Ventilador

$$\bar{X} = \frac{-21.83}{48.5} = -0.45$$

Por conveniencia  $\bar{X} = 0.0$

$$\bar{Y} = \frac{421.95}{48.5} = 8.7$$

distancia correcta.

La ubicación del tablero N° 5 se da por facilidad en el lugar indicado en el plano P-05, ya que la carga del molino N° 2 es concentrada, distancia promedio 10 metros - para cada motor.

### 3.2.2.2. Cálculo de conductores por caída de tensión.

Al tener la intensidad de corriente necesaria en los tableros y en cada motor, se escoge el conductor que lo alimentará, esta comprobación se hará calculando la caída de tensión desde el transformador hasta el punto de utilización, estos cálculos son:

Caída de tensión en subestación al tablero general:

$$L = 6 \text{ mts}$$

$$I = 608.4 \text{ Amp}$$

$$S = 405.4 \text{ mm}^2, \text{ 2 ternas de cable 400 MCM}$$

$$\Delta V = 0.0238 \times \frac{6 \times 608.4}{405.4} = 0.21 \text{ voltios}$$

o un equivalente a 0.0564 %.

Caída de tensión en el cable alimentador desde la subestación al tablero N° 3:

$$L = 34 \text{ mts}$$

$$I = 176.2 \text{ Amp}$$

$$S = 85.02 \text{ mm}^2, \text{ 1 terna de cable 3/0 AWG}$$

$$\Delta V = 0.0238 \times \frac{34 \times 176.2}{85.02} = 67 \text{ voltios}$$

o un equivalente a 0.441 %.

Caída de tensión en el cable alimentador desde el tablero N° 3 a cada motor.

De la tabla N° 3.2.1 y con la ubicación del tablero N° 3 con  $X = 13.0$  mts e  $I = 0.0$  mts, la distancia del tablero a cada motor puede hallarse fácilmente haciendo la diferencia  $X_i - X$  y sumando  $X_i - X + Y_i + Z_i = L$  obteniéndose la tabla que se muestra a continuación en el que además se dá el calibre, la sección y la caída de tensión del conductor.

TABLA N° 3.2.3

## CONDUCTORES A MOTORES DEL TABLERO N° 3

MOTOR N°	CORRIENTE $I_n$ Amp.	CALIBRE AWG	SECCION $mm^2$	LONGITUD mts	CAIDA DE TENSION %
1	5.672	14	2.08	17.0	0.29
2	5.672	14	2.08	15.1	0.26
3	17.7	10	5.26	24.5	0.52
4	10.635	12	3.31	20.0	0.4
5	14.18	10	5.26	32.7	0.55
6	14.18	10	5.26	15.4	0.26
7	17.7	10	5.26	7.7	0.16
8	28.36	6	13.30	18.9	0.25
9	28.36	6	13.30	25.8	0.34
10	0.709	14	2.08	34.6	0.07
11	0.709	14	2.08	28.2	0.06
12	5.672	14	2.08	5.6	0.1
13	5.672	14	2.08	8.0	0.14
14	4.25	14	2.08	10.4	0.13
15	4.25	14	2.08	16.9	0.22

La máxima caída de tensión corresponde al motor del elevador E5 con un total de:

$$0.55 + 0.44 + 0.06 = 1.05\%$$

Para el tablero N° 4, cuya acometida se deriva de la acometida del tablero N° 3 antes del interruptor, con fusibles de protección de acometida en el tablero.

La carga del tablero N° 4 es 29.15 que corresponde a una corriente de régimen de 55.38 Amp. Se escoge conductor N° 2 AWG, cuya capacidad es de 115 amperios.

Con estos datos podemos calcular la caída de tensión del tablero N° 3 al tablero N° 4.

$$L = 40 \quad \text{mts}$$

$$S = 33.63 \text{ mm}^2$$

$$I = 55.38 \text{ Amp.}$$

$$\Delta V = 0.0238 \times \frac{40 \times 55.38}{33.63} = 1.57 \text{ voltios}$$

o su equivalente en % : 0.41%.

La caída de tensión del tablero N° 4 a cada motor, de manera similar al tablero N° 3 en la tabla N° 3.2.3, se tendrá la siguiente tabla.

TABLA N° 3.2.4

CONDUCTORES A MOTORES DEL TABLERO N° 4

MOTOR N°	CORRIENTE I <sub>n</sub> Amp.	CALIBRE AWG	SECCION mm <sup>2</sup>	LONGITUD mts	CAIDA DE TENSION %
1	2.84	14	2.08	13.5	0.11
2	2.84	14	2.08	16.0	0.14

sigue ...

3	10.65	12	3.31	17.9	0.36
4	10.65	12	3.31	26.7	0.54
5	5.68	14	2.08	9.1	0.16
6	14.2	10	5.26	13.2	0.22
7	0.71	14	2.08	26.9	0.06
8	4.26	14	2.08	3.6	0.05
9	2.84	14	2.08	10.3	0.09
10	14.2	10	5.26	17.2	0.29

La máxima caída de tensión corresponde al motor del elevador E4 con:

$$0.54 + 0.41 + 0.44 + 0.06 = 1.45\%$$

El tablero N° 5 cuya carga es 91.01 Amp. se alimentará - con conductor N° 1 AWG, alimentado desde la subestación, distante 50 metros aproximadamente.

$$L = 50 \quad \text{mts}$$

$$S = 42.41 \text{ mm}^2$$

$$I = 91.01 \text{ Amp.}$$

$$\Delta V = 0.0238 \times \frac{50 \times 91.01}{42.41} = 2.6 \text{ voltios}$$

$$\Delta V = 0.67\%$$

TABLA N° 3.2.5

CONDUCTORES A MOTORES DEL TABLERO N° 5

MOTOR N°	CORRIENTE $I_n$ Amp.	CALIBRE AWG	SECCION $\text{mm}^2$	LONGITUD mts	CAIDA DE TENSION %
1	28.4	6	13.3	8	0.1
2	21.3	8	8.37	6	0.09

sigue ...

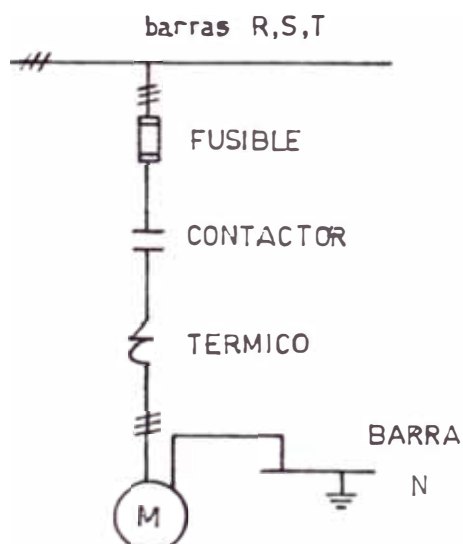
3	7.1	14	2.08	10	0.21
4	14.2	10	5.26	10	0.17
5	14.2	10	5.26	12	0.2

La caída máxima de tensión desde el transformador, corresponde a M3 con:

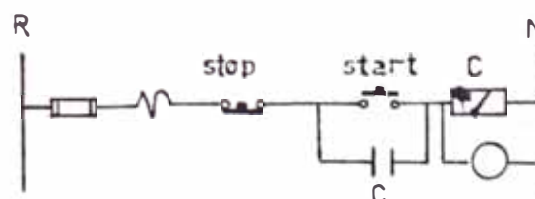
$$0.06 + 0.67 + 0.21 = 0.94\%$$

### 3.2.2.3. Tableros de distribución.

Consiste principalmente en dar las bases necesarias para su construcción, esto es las dimensiones de ellas, el contenido y disposición de equipo, características. De acuerdo a los esquemas de principio para acometida y protección de motores, como para control y señalización de los mismos, los que se dan a continuación:



CONEXION Y PROTECCION DE  
INSTALACION DE FUERZA



CONTROL Y SEÑALIZACION  
EN TABLERO



De acuerdo a los esquemas básicos se realiza la conexión de los motores que pertenecen a los tableros de la ampliación, efectuándose la selección de los componentes de los tableros de distribución.

La selección de fusibles se hace de la siguiente forma: capacidad de fusible entre 110% a 150% de la corriente - de régimen a plena carga con fusibles tapón roscado Diazed de 4, 6, 10, 16 y 20 Amp. y con fusibles cartucho a presión NH de 35, 40 y 63 amperios.

Los fusibles de protección para la acometida de cada tablero se encuentran en el panel N° 2 del tablero general de distribución de la subestación, excepto el del tablero N° 4, cuyos fusibles se encuentran en el tablero N° 3 y tienen una capacidad mínima de 100 Amp. Todos los fusibles de protección de acometida serán tipo cartucho extraíble con capacidades que se dan en 3.1.2.5.

La entrada a barras en cada tablero se hará por medio de interruptores de manobra, de mando frontal con bloqueo de puerta por manija del interruptor en posición cerrada con las siguientes capacidades:

- Interruptor de 300 Amp o más para tablero N° 3
- Interruptor de 100 Amp o más para tablero N° 4
- Interruptor de 200 Amp o más para tablero N° 5

Los contactores térmicos se seleccionan de manera similar a la selección de fusibles de acuerdo con la corrien

te nominal de los motores a controlar, teniendo en cuenta que los fabricantes ofrecen valores standard de tales dispositivos. Los pulsadores de arranque y parada, así como las lamparitas de señalización serán ubicadas en las puertas de los tableros, debiendo ser apropiadas para tal uso.

La distribución en el tablero se hará desde un sistema de barras de cobre electrolítico de 99.9% de pureza y cuya sección mínima será 20 x 3 mm convenientemente aisladas y protegidas. Una cuarta barra irá en la parte inferior para fines de protección por puesta a tierra, así como neutro de la instalación a 220 V con fase. No se considera protección especial para barras, ya que la protección por fusibles de la acometida de los tableros se considera suficiente. Observando que la corriente de cortocircuito - en el lado de B.T. en la subestación es 10.75 KA se esperan valores menores en los tableros secundarios. Los esquemas que siguen dan más detalles sobre los tableros.

### 3.3. DISEÑO DE LAS INSTALACIONES DE ALUMBRADO

#### 3.3.1. Generalidades sobre iluminación

Tiene como objetivo habilitar luz suficiente en todos los puntos donde sea necesario en condiciones normales, adecuándose a los niveles de iluminación recomendados que van alcanzando niveles óptimos, de acuerdo al desarrollo en el campo de la iluminación, esto es alta eficiencia en energía y costo.

Las consideraciones técnicas y definiciones son muy am-

plias en alumbrado, para la aplicación particular a la - planta industrial en referencia podemos clasificarla co mo:

### 3.3.1.1. Requisitos y características del alumbrado.

Con el fin de obtener un grado de iluminación adecuado se hace la siguiente coordinación:

- Nivel de iluminación - objeto a iluminar.
- Método de iluminación - distribución de luminarias.
- Sistema de iluminación- control de iluminación.

Como en la planta piladora de arroz hay diferentes zonas de trabajo, cada una de ellas tendrá un nivel de iluminación de acuerdo a la recomendación de los manuales de A lumbrado y será la siguiente:

Zonas a iluminar	Nivel de iluminacion en lux
Zonas de circulación, pasillos .....	100
Almacenes y depósitos...	150
Procesos automáticos ...	200
Zonas generales de trabajo .....	300

Se ha considerado como zonas de circulación la zona exterior a la planta donde se encuentran los silos almacenados con un área total de 180 mts<sup>2</sup>.

Zonas de almacenes y depósitos en la planta N° 1 y planta N° 2, también la subestación. Como procesos automáticos se considera la planta N° 1 en la zona de tolva, za-

randa, elevadores y silos interiores en cada planta además los hornos, entrada y balanza, baño.

Las zonas generales de trabajo son los molinos Nros. 1 y 2.

La cantidad de luz no asegura por si sola una buena iluminación, la buena calidad es tan importante como la can tidad y generalmente es más difícil de conseguir. Los factores a tener en cuenta en la calidad son muchos y complejos, pero el deslumbramiento, las relaciones de brillo, la difusión y el color son los más importantes, teniendo efectos psicológicos y fisiológicos sobre las personas que laboran en las áreas iluminadas.

Los contrastes de brillo y color tienen importancia básica para fines de evitar el deslumbramiento producto de un control inadecuado de la intensidad luminosa que origina el brillo excesivo, el exceso de intensidad luminosa en dirección del observador, contraste excesivo o re flexión inadecuada en superficies muy pulidas.

Para conseguir una iluminación adecuada debemos seleccionar un método y que éste consista en disponer o ubicar las fuentes de luz de acuerdo a las necesidades, puede dividirse en 4 clases:

1. Localizada - puntual no uniforme en la zona.
2. General - iluminación uniforme.
3. Agrupada o general localizada - Es una variación que uniformiza zonas.

4. Combinación de general localizada - se suministra iluminación uniforme sobre toda el área por el método general, siendo complementada con iluminación local.

Escogemos el método N° 3, iluminación agrupada por zonas, cuya iluminación se procura sea uniforme en cada una de ellas se busca tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- La relación de iluminación máxima bajo las luminarias a la mínima en lugares situados entre dos de ellas, no debe ser mayor que 2:1 para obtener buenos resultados de uniformidad.
- Relaciones de brillo no mayores de 10:1, son deseables en cualquier parte del campo visual, relaciones de 40:1 son consideradas como el máximo permisible.
- La combinación luz diurna con la luz artificial, debe ser coordinada de tal modo que las claraboyas o puntos de luz general no generen contrastes exagerados con la intensidad luminosa interior.

La coordinación final corresponde a la selección de un SISTEMA DE ILUMINACION apropiado para cada caso, teniendo presente que la iluminación de buena calidad y de cantidad adecuada se puede obtener con cualquiera de los varios sistemas de alumbrado. Estos sistemas se han clasificado de acuerdo con su distribución luminosa vertical y son:

Iluminación indirecta - 90 al 100% de la luz emitida se dirige al techo y la luz utilizada proviene de la refle xión de ésta en el techo y en menor cantidad desde las paredes.

Iluminación semi-directa - 60 al 90% de luz emitida se dirige hacia el techo. Se logra una buena relación de brillo entre el techo y la luminaria.

Iluminación general difusa o directa-indirecta - del 40 al 60% de la luz emitida se dirige hacia el techo y el resto por debajo de la horizontal, existen variaciones - solo en el control de luz emitida en la dirección horizontal.

Iluminación semi-directa - 60 al 90% de la luz emitida - se dirige hacia abajo en ángulos por debajo de la horizontal. El nivel de iluminación eficaz sobre el plano - de trabajo, es buena resultante de la luz proveniente de la luminaria, la poca luz que va hacia el techo disminuye el contraste de brillos. Un ejemplo de éste son las luminarias fluorescentes con protector cilíndrico de vidrio o pantallas de vidrio de base abierta para lámparas incandescentes.

Iluminación directa - del 90 al 100% de luz se dirige hacia abajo. Es el sistema más eficaz como productor de luz, desde el punto de vista cuantitativo, no hay absorción en el techo y muy poco en las paredes. Las luminarias pueden clasificarse en concentradas, medias y an -

chas usándose las luminarias concentradas en locales relativamente estrechos y de gran altura. Los equipos de difusión media o ancha pueden usarse en locales relativamente amplios.

De acuerdo a los detalles se escogen los sistemas de iluminación siguientes:

Iluminación directa es la más empleada en toda la planta buscando iluminar en general las zonas de trabajo, éstas no se especifican por ser la mayoría.

Iluminación semi-directa es el otro sistema empleado y - se hace uso de ella solo en la zona correspondiente a la planta N° 1 y planta N° 2, ya que se busca dirigir el - porcentaje de la luz hacia el techo con miras a iluminar ligeramente los equipos como los elevadores por encima - de los 4.75 metros de altura de montaje de las luminarias.

#### 3.3.1.2. Selección de lámparas.

Para seleccionar las fuentes emisoras de luz - es importante observar las siguientes características:

- Rendimiento luminoso, lúmen/watt
- Flujo luminoso y potencia de la lámpara
- Tipo de luz, sensación y color de la fuente
- Horas de vida
- Costo inicial y de mantenimiento.

Resumimos las siguientes características en cada tipo de lámpara.

Lámparas incandescentes. Luz producida por el calentamiento eléctrico de un filamento.

Eficacia de 10 a 20 lúmen/watt

Flujo luminoso de 250 a 40,000 lumenes

Potencia desde 25 hasta 2,000 watts

Color de luz blanco-cálido tienden a realzar los colores, rojo, naranja, amarillo y degradar los azules y verdes. Rendimiento en color excelente - por su menor superficie permiten un control exacto, mayor brillo. Su vida promedio oscila entre 750 a 1200 horas y su costo es aproximadamente de 1/10 a 1/20ava. parte de las lámparas de arco de la misma potencia.

Lámparas de descarga. Luz producida por una descarga eléctrica y arco mantenido en un gas o vapor ionizado de una gran variedad de clases.

Eficacia de 38 a 183 lumenes/watt

Flujo luminoso de 150 a 187,000 lumenes

Potencia desde 4 hasta 2,000 watts

Color de luz blanca cálida de lujo, mate intermedia y fría, realzan los colores azul, verde y amarillo, mientras dan un aspecto grisáceo a los rojos.

La blanca cálida de lujo se asocia a los colores, rojo, naranja y amarillo, mientras la blanca fría de lujo acentúa los colores azules y verdes generando sensación de frescura.



Estas lámparas hacen uso de un elemento que limita la corriente que la atravieza llamado balasto y conectado adecuadamente.

Su vida promedio varía de 6,000 a 20,000 horas, - los fluorescentes son una variedad de estas lámparas y su vida promedio está entre 7,500 y 15,000 horas.

Lámparas de luz mixta. Es una combinación de las anteriores y sus características son:

Eficacia de 20 a 28 lúmen/watt

Flujo luminoso de 3,100 a 14,000 lumenes

Potencia de 160 a 500 watts

Color de luz intermedia, no usa balasto.

Su vida promedio oscila entre 4,800 y 7,500 horas

Costo de 1/5 a 1/10 del costo de una lámpara de arco de la misma potencia.

### 3,3.1.3. Selección de luminarias.

La selección de los sistemas de iluminación referidos a la distribución de la intensidad luminosa para cada caso particular, será la primera consideración en la selección de un equipo de alumbrado.

El efecto de la luminaria en el cambio de dirección y distribución de la luz emitida por una fuente luminosa - queda perfectamente definida por su curva de distribución y serán las necesarias para la instalación considerando las siguientes características:

Eficacia. Da idea de la calidad de los materiales y diseños empleados en la luminaria. El control de la distribución luminosa debe ser la adecuada para la zona a iluminar.

Soporte y conexiones eléctricas. Hechas cuidadosamente en las luminarias garantizan un funcionamiento eficaz y seguro contra averías.

Construcción mecánica. Es importante que las partes metálicas puedan conservarse bien, tanto en alineamiento como para soporte seguro de los accesorios - relativamente pesados, también deberá facilitarse el mantenimiento.

Apariencia externa. De acuerdo con la forma y apariencia de los equipos y zona a iluminar.

Coordinar la selección del sistema de iluminación con el tipo de luminaria, requiere también establecer lo siguiente:

Factor de reflexión. Es el porcentaje de luz reflejada desde una superficie, tal como una pared o techo, respecto a la luz total incidente la diferencia es absorbida y se considera pérdidas, los valores representativos son - los siguientes:

Techos	- 75 a 85%
Paredes	- 50 a 60%
Mesas y zonas de trabajo	- 35 a 50%
Suelos	- 15 a 30%

Difusión. Iluminación de luz que procede de varias fuentes, es una función del número y tamaño de las fuentes - de luz que la generan, no es recomendable para tareas de inspección.

### 3.3.2. Cálculos en diseño de Alumbrado

Con lo referido en las generalidades tenemos:

#### 3.3.2.1. Cálculos de alumbrado.

Todo el alumbrado interior se basa en el método de los lúmenes que de acuerdo a las generalidades sobre iluminación serán:

1. Establecer el nivel requerido de iluminación en cada zona.

Zona de silos y exteriores	Nivel 100 lux
Zona de almacenes y depósitos	Nivel 150 lux
Planta, horno, baño y subestación	Nivel 200 lux
Molinos y zona de piladoras	Nivel 300 lux

2. Selección del sistema de alumbrado.

Se considera sistema semi-directo para la zona de - las plantas Nros. 1 y 2, ya que el objeto a iluminar no se encuentra en una zona enteramente cubierta y - es necesario diferir luz por encima de la horizontal al eje de la luminaria.

En todas las zonas restantes de la instalación consideramos el sistema de alumbrado directo. La rela - ción de brillos en zonas adyacentes, así como las relaciones de iluminación se encuentran dentro de los

valores recomendados.

Se considera una altura de montaje sobre el nivel del plano de trabajo de 4 metros en toda la instalación, el plano de trabajo 0.75 metros sobre el nivel del piso.

### 3. Determinación del coeficiente de utilización (F.U.).

Para determinar el factor de utilización se debe proceder de la siguiente manera:

- Seleccionar la luminaria y su curva de distribución donde también se observará el rendimiento superior e inferior.
- Aproximar las reflectancias del techo y paredes, para todos los casos consideramos reflexión del techo 70% y para las paredes 50%.
- Calcular el índice de local denominado también relación de cavidad o relación de local que es un valor correspondiente a la fórmula siguiente para luminarias directas y semidirectas.

$$\text{Relación de local} = \frac{\text{Longitud} \times \text{ancho}}{\text{Altura} \times (\text{Longitud} + \text{ancho})}$$

- La disposición de las luminarias en la zona o distancia entre luminarias, de acuerdo a la altura de montaje, que también es la altura que se toma para calcular la relación de local. Se considera norma aproximar la distancia a las paredes o líneas divisorias a la mitad de la distancia entre luminarias.

4. Se considera un factor de conservación basado en las condiciones de funcionamiento del sistema como atmósfera no limpia, limpieza no frecuente y la sustitución de lámparas sólo cuando se funde denominado factor de mantenimiento medio F.C.
5. Cálculo del número de lámparas y número de luminarias que se calcula en las fórmulas siguientes:

$$\text{N}^\circ \text{ lámparas} = \frac{\text{Nivel luminoso(lux)} \times \text{Superficie(m}^2\text{)}}{\text{Lúmenes x lámpara x F.U. x F.C.}}$$

$$\text{N}^\circ \text{ luminarias} = \frac{\text{Número de lámparas}}{\text{Lámparas x luminaria}}$$

6. Determinar la ubicación de las luminarias que depende de las dimensiones de la zona considerada; para lograr una buena distribución es deseable no excederse ciertos límites de la relación entre la separación de luminarias y la altura de montaje.
- La ubicación de las lámparas, interruptores de control, tableros y tomacorrientes se indica en el plano de alumbrado al final del artículo 3.3.

De los cálculos realizados en el estudio de carga para alumbrado se dió dimensiones en el esquema de zonas respectivo y usando la tabla que a continuación se indica.

El tipo de luminaria escogida se da en la siguiente lista con el número clave, según la especificación que sigue.

TABLA N° 3.3.1

## VALOR DE LAS RELACIONES DE LOCAL

Indice de Local	Relación de local Valor	Punto Central
J	Menos de 0.70	0.60
I	0.70 a 0.90	0.80
H	0.90 a 1.12	1.00
G	1.12 a 1.38	1.25
F	1.38 a 1.75	1.50
E	1.75 a 2.25	2.00
D	2.25 a 2.75	2.50
C	2.75 a 3.50	3.00
B	3.50 a 4.50	4.00
A	Más de 4.50	5.00

- 1 Luminaria semidirecta con 2 lámparas fluorescentes de alta emisión de 1.5 Amp., tipo T-12, 48" y 110 watts, 6950 lúmenes de flujo inicial.
- 2 Luminaria directa con 2 lámparas fluorescentes de alta emisión de 90 W, fluorescentes T-17 de 60", - flujo inicial de 6400 lúmenes.
- 3 Luminaria ventilada para bajas alturas con lámparas de 400 W, mercurio tipo H33-1GL/C con un flujo inicial de 20,700 lúmenes.
- 4 Lámpara reflectora de mercurio R-57, haz ancho, 400 W, tipo H33-1-FY con flujo inicial 18,500 lúmenes.

- 5 Luminaria para 3 lámparas con plástico, montaje de superficie fluorescente de 90 W, 60" y 6400 lúmenes de flujo inicial.
- 6 Luminaria directa para lámpara individual, fluorescente T-17, 90 W y 60" de longitud.
- 7 Luminaria con fluorescente circline 40 W y con un - flujo inicial de 3000 lúmenes.

Los cálculos realizados se resumen en las tablas siguientes.

TABLA N° 3.3.2.

ALUMBRADO DE PLANTA N° 1

Zona a iluminar	1 x h mt x mt	Indice de local	Tipo de Lumina.	Coefic. Utiliz. F.U.	Factor Conser F.C.	N° de Lámparas
Planta N° 1	30 x 13.5	D	1	0.64	0.6	30
Almacén	26 x 31.2	B	2	0.72	0.6	44
Almacén de herramien.	8.7 x 3	J	5	0.32	0.6	3
Almacén de taller	19 x 4	I	2	0.37	0.6	6
Baño	4 x 3	J	7	0.42	0.6	1
Horno	10 x 4	I	4	0.47	0.75	1
Subestación	6 x 4	J	6	0.24	0.70	3
Molino N° 1	10 x 8.5	G	3	0.55	0.68	3
Zona de si los	30 x 2.7	J	6	0.24	0.70	7

El número de lámparas se aproxima al entero superior, teniendo en cuenta el número de luminarias. Los valores de los factores de utilización y de conservación se obtu

vieron del Manual de Alumbrado de Westinghouse, pudiendo obtenerse los mismos en otros Manuales. De igual forma para el tablero N° 7 de la planta N° 2.

TABLA N° 3.3.3

## ALUMBRADO DE PLANTA N° 2

Zona a iluminar	l x h mt x mt	Índice de local	Tipo de Lumina.	Coefic. Utiliz. F.U.	Factor Conser. F.C.	N° de lámparas
Planta N° 2	15 x 14	E	1	0.6	0.6	16
Entrada y balanza	15 x 6	E	2	0.62	0.6	8
Molino N° 2	10 x 9	G	3	0.55	0.68	3
Almacén	15 x 17	E	2	0.62	0.6	16
Zona de sí- los	36 x 2.7	I	6	0.31	0.7	7
Horno	10 x 4	F	4	0.69	0.75	1

## 3.3.2.2. Conductores y tableros de alumbrado.

Se alcanzan datos para la instalación referente a acometidas, tablero y salidas para cada zona.

## TABLERO N° 6 - Alumbrado planta N° 1

Acometida desde tablero general con conductor N° 6 AWG - entrada a interruptor, cuchilla trifásica de 60 Amp. con conductor neutro distribuida a las siguientes salidas:

SALIDA N° 1 : Alumbrado de molino, almacenes de herramientas y repuestos, taller, horno y subestación, carga total 3500 W, 1 fusible 30 Amp., conductor de salida N° 10 AWG.



SALIDA N° 2 : Alumbrado de almacén, carga total 3240 W,  
1 fusible 30 Amp y conductor de salida N°  
10 AWG.

SALIDA N° 3 : Alumbrado de planta N° 1 y zona de silos,  
carga de 3930 W, fusible de 30 Amp, conduc-  
tor de salida N° 10 AWG.

SALIDA N° 4 : 3 fusibles de 63 Amp. reservadas para toma  
corrientes o salidas especiales hasta 8 Kw  
de carga.

SALIDA N° 5 : 3 fusibles de 63 Amp. reservadas para toma  
corrientes o salidas especiales, para car-  
gas hasta de 8 Kw.

En las salidas 1, 2 y 3 se balancean las tres fases con  
el neutro a 220 V. El control de las lámparas no es cen-  
tralizado y la ubicación de interruptores se da en el  
plano.

La caída de tensión máxima es del 1% de 220 V (2.2 V) y  
se calcula con la fórmula:

$$\Delta V = 0.0275 \sum \frac{LI}{S} \text{ circuito monofásico}$$

Para el caso crítico en la lámpara más alejada se encon-  
tró una caída de 2.06 voltios.

#### TABLERO N° 7 - Alumbrado planta N° 2

Acometida desde tablero general de subestación con con-  
ductor N° 6 AWG, entrada a interruptor cuchilla trifási-

ca de 60 Amp, con conductor neutro distribuido a las siguientes salidas:

SALIDA N° 1 - Alumbrado de almacén y zona de silos, car  
ga 1710 W, 1 fusible de 20 Amp, conductor  
de salida N° 12.

SALIDA N° 2 - Alumbrado de molino, pasaje y horno, carga  
1960 W, 1 fusible de 20 Amp, conductor de  
salida N° 12.

SALIDA N° 3 - Alumbrado de planta N° 2, entrada y balan-  
za, carga total 2480 W, 1 fusible de 20 -  
Amp, conductor de salida N° 12 AWG.

SALIDA N° 4 - Reserva con 3 fusibles de 30 Amp. para sa  
lidas especiales o tomacorrientes hasta -  
una carga de 4 KW.

SALIDA N° 5 - Reserva con 3 fusibles de 30 Amp, para sa  
lidas especiales o tomacorrientes hasta -  
una carga de 4 KW.

Para el caso crítico se encontró una caída de tensión de 2.66 voltios que llega a ser 1.2%, aún cuando el CEP re  
comienda 1% consideramos este punto extremo como correc-  
to.

La ubicación y distribución de las luminarias, interrup-  
tores de control, tomacorrientes o salidas especiales, -  
tableros, así como la ubicación de las lámparas de emer-  
gencia alimentadas desde un sistema auxiliar a baterías  
con accionamiento automático por falta de tensión de lí  
nea, se da en el plano o esquema de alumbrado.

En este mismo plano se dan las conexiones de circuitos, - salidas y puntos de control para luminarias indicadas con el índice respectivo (letra minúscula que indica a que - lámparas controla el interruptor), también se indica el calibre de los conductores, los no indicados se suponen - conductores N° 14 AWG.

### 3.4. DISEÑO DEL SISTEMA DE PUESTA A TIERRA

#### 3.4.1. Consideraciones generales sobre puesta a - tierra

##### 3.4.1.1. Objetivos de la puesta a tierra.

Su principal función es incrementar la seguridad del personal y de la propiedad al presentarse los siguientes defectos:

1. Falla del aislamiento en alguna parte de la instalación que producirá una tensión de defecto lo suficientemente alta como para provocar un accidente o la - muerte de una persona que toque el equipo con falla.
2. Presencia de cargas electrostáticas por frotamiento - de partes en movimiento, produciéndose chispas en pre<sup>s</sup>encia del material combustible provocando un incen - dio.
3. Sobrevoltajes o disturbios atmosféricos en estructu - ras de alta resistencia.

En estos tres casos la puesta a tierra presenta una conexión de baja resistencia al paso de la corriente, produc-

to de la tensión de falla, corriente suficiente para fundir los fusibles u ordenar la apertura del interruptor o contactor que alimenta la zona de falla.

Existen dos objetivos secundarios, pero también importantes:

Uno es habilitar la conexión a tierra del neutro del transformador y demás equipos. Las normas de seguridad exigen la conexión a tierra de todas las partes metálicas de: Interruptores, estructuras, tanques de transformador, pasarelas, elevadores, tableros de distribución, cercas o vallas, armaduras de hierro y otros, eliminando la probabilidad de existencia de potenciales peligrosos.

Otro objetivo secundario es mejorar la operación y la continuidad del servicio eléctrico.

#### 3.4.1.2. Selección del sistema de puesta a tierra.

Existen varias formas de obtener un camino de baja impedancia para la corriente de falla, el CEP y otras normas exigen un valor inferior a 25 ohmios como resistencia de la puesta a tierra. En general las conexiones a tierra pueden dividirse en dos grupos o clases: El primero comprende: tuberías de agua, estructuras metálicas industriales y de edificios, envoltura de pozos y otras estructuras instaladas para otros fines. Muchas de éstas cumplen y tienen menos de 25 ohmios de resistencia. El segundo grupo comprende: varillas de tierra, planchas enterradas, enrejados, conductores desnudos y

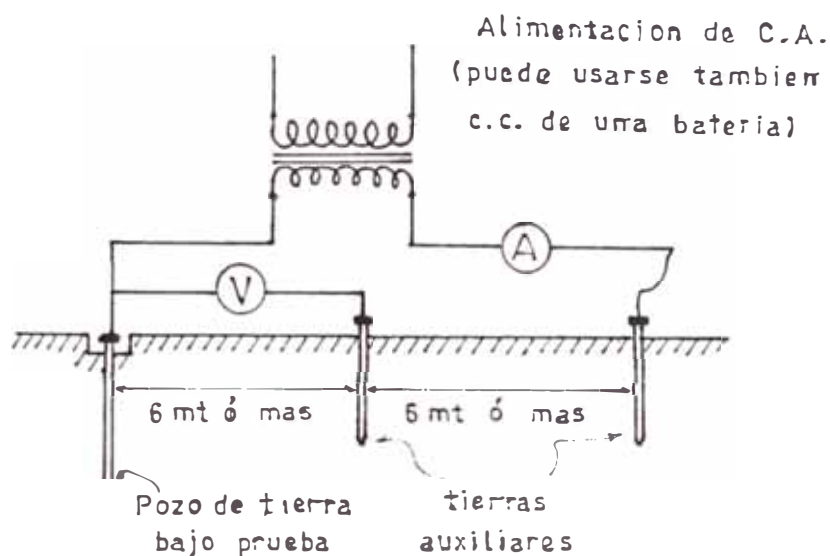
otros especialmente diseñados para estos efectos.

En la instalación eléctrica a efectuarse, se hará uso de electrodos de puesta a tierra, interconectados por medio de conductores que constituyen la línea neutra del sistema. Se ejecuta la protección contra sobretensiones por descargas atmosféricas, con la puesta a tierra del sistema de pararrayos; que será aislado de la puesta a tierra del servicio eléctrico. Debemos distinguir tres tipos de tierra :

1. Tierras del sistema. Son los conductores de puesta a tierra, unidos directamente a barras neutras de los tableros con la subestación, cuyas conexiones a tierra son directas mediante los electrodos.  
En estos conductores existen corrientes de circulación en los equipos que usan tensión de 220 voltios.
2. Tierras del equipo, carcazas o estructuras. Aquellas por las cuales no circula corriente y son los conductores que unen barras neutras de los tableros con la masa de los motores.
3. Tierra del sistema pararrayos. Conductores que unen las varillas pararrayos u otros afines con las jabinas de pico a tierra.

Será conveniente efectuar mediciones de la resistencia de puesta a tierra, al momento de instalarse y luego periódicamente, con el siguiente método para rea-

lizarlo:



Provisionalmente se introducen 2 electrodos adicionales que son varillas cortas de 60 a 90 cms. separados unos 6 mts. o más. Mediante un transformador de preferencia - con secundario regulable se efectúa la conexión de la - figura  $R_t = V/A$  se da efectuando la división directamente.

Otro método consiste en usar un Telurohmetro o Megger de Evershed que conectado directamente a los puntos A, B y C de la lectura de la resistencia no hace uso del transformador, ya que el aparato tiene un magneto accionado a mano que genera la tensión necesaria.

La precisión no es requerida, solo es necesario saber si la resistencia es del orden de 1 ohmio, 10 ohmios, 100 - ohmios ó 1000 ohmios, esos valores son indicadores si la tierra es satisfactoria o necesita ser mejorada. La medición de una toma a tierra, pozo, etc. respecto a tie-

rra absoluta, por lo que la ejecución tendrá sus limitaciones.

### 3.4.1.3. Criterios de diseño.

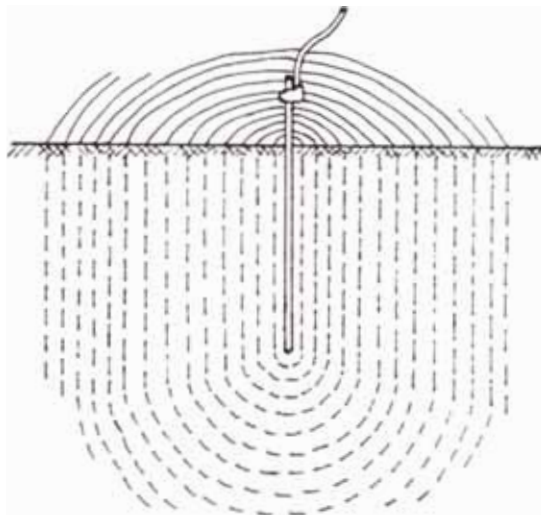
El diseño se basa en las recomendaciones publicadas por el "Bureau of Standard Technology Paper 108" en el catálogo de la Copperweld Steel Company que se resume en lo siguiente :

De la tabla N° 3.4.1. se escoge el tipo de suelo N° 2, por tener las características del suelo de Iquitos y los cálculos se basarán en la aproximación al promedio de 24 ohmios.

TABLA N° 3.4.1  
RESISTENCIAS DE DIFERENTES TIPOS DE SUELO

N° DE TIERRAS PROBADAS	TIPO DE SUELO	RESISTENCIA EN OHMIOS		
		PROMEDIO	MI. IMO	MAXIMO
24	Terraplenes y tierra que contienen cantidades regulares de desechos, tales como: cenizas, restos salados.	14	3.5	41
205	Arcilla, greda, esquistos, legamo, margas simple y ligeramente arenosa, sin piedras, ni grava.	24	2.0	98
237	Arcilla, adobe, legamo y marga mezclada con proporciones variables de arena, piedra y grava.	93	6.0	800
72	Arena, piedras o grava con poco o nada de arcilla o marga	554	35.0	2700

Respecto a un electrodo, la resistencia de puesta a tierra depende principalmente del tipo de suelo que rodea al electrodo, esto se ve en la figura:



Puede ser comparada como sucesivas cáscaras de tierra de igual espesor con incremento de distancia desde el electrodo. Las cáscaras de tierra mayores, desde luego tienen menor resistencia al tener mayor acción de suelo o ángulos rectos respecto a tierra. Mediciones mostraron que el 90% de la resistencia se halla entre los 2 y 3 metros de distancia desde el electrodo. Si se considera los factores que influyen en la resistencia de la puesta a tierra, podremos tomar las siguientes decisiones: No efectuar tratamiento químico del suelo, ya que ésta es útil en suelos con resistencia extremadamente alta, resultando poco prácticas para terrenos con  $\rho < 10,000 \Omega/\text{cm}^3$ , tomar con mucha aproximación los gráficos que se dan mostrando la variación de la resistividad del suelo para cada efecto.



### Efecto de la humedad.

Varía de acuerdo con las estaciones del año, consideramos la zona ubicada a orillas de un río, en lugar tropical - con humedad mínima del 15% correspondiente al verano y - un máximo de 35% en invierno promedio 25% de acuerdo al gráfico, la resistividad del suelo será menor de  $10,000\Omega / \text{cm}^3$  para la arcilla.

### Efecto de la temperatura

La resistividad del terreno decrece con el aumento de la temperatura, en Iquitos la temperatura rara vez está de bajo de  $20\text{ }^\circ\text{C}$  ( $68^\circ\text{F}$ ) favoreciendo la baja resistividad.

### Efecto de la profundidad del electrodo

La resistencia de la toma a tierra disminuye con la profundidad del electrodo debiendo alcanzar la humedad permanente, para la planta esta profundidad debe hallarse - entre 2 y 3 metros.

### Efecto del diámetro del electrodo

Varía muy poco, de este modo es casi despreciable, se ha rá uso de varillas de  $3/4"$  de  $\emptyset$  para todos los casos.

### Efecto de usar electrodos múltiples

Es un medio de mejorar bajando la resistencia de la pues ta a tierra.

El diseño se basará en las recomendaciones prescritas y usando las varillas de  $3/4"$  de  $\emptyset$  se escoge la siguiente disposición de varillas: Subestación 2 varillas, table - ros 1, 3 y 4, una varilla de cada uno de ellos. Resis -

tencia requerida en estos casos  $20 \Omega$  y de acuerdo con el tipo de suelo de la zona se consideran 3 tipos de resistividad:

$$\begin{aligned} \rho \text{ Subestación} &= 8,000 \Omega/\text{cm}^3 \\ \rho \text{ Tableros Nros. 1 y 3} &= 5,000 \Omega/\text{cm}^3 \\ \rho \text{ Tablero N}^\circ 4 &= 3,000 \Omega/\text{cm}^3 \end{aligned}$$

Para calcular las resistencias se usan las fórmulas:

Caso I - Una barra de tierra cilíndrica de longitud L y radio "a":

$$R = \frac{\rho}{2 \pi L} \left[ \log \frac{4L}{a} - 1 \right]$$

Caso II - Dos barras de tierra cilíndricas a una distancia "s" entre ejes y con  $s < 2L$ :

$$R = \frac{\rho}{4 \pi L} \left[ \log \frac{4L}{a} + \log \frac{4L}{s} - 2 + \frac{s}{2L} - \frac{s^2}{16 L^2} + \frac{s^4}{512 L^4} \right]$$

donde: R resistencia de la puesta a tierra en ohmios  
 $\rho$  resistividad del terreno en ohms/cm<sup>3</sup>  
 L longitud de la varilla en cms.  
 a radio de la varilla en cms.  
 s distancia entre varillas en cms.

### 3.4.2. Cálculo en el diseño de puesta a tierra

Con lo detallado en las consideraciones se efectúa

#### 3.4.2.1. Cálculo en subestación.

2 varillas de igual longitud, R debe ser menor de  $20 \Omega$ , con la fórmula para el Caso II y  $L = 150$  cms,  $s = 150$  cms,  $a = 0.955$  cms,  $\rho = 8000$ .

$$R = \frac{8000}{600 \pi} \left[ \log \frac{600}{0.955} + \log \frac{600}{150} - 2 + \frac{150}{300} - \frac{150^2}{16 \times 300^2} + \frac{150^4}{512 \times 300^4} \right]$$

$$R = 26.8 \text{ valor incorrecto}$$

recalcando con  $L = 250$  cms.

$$R = \frac{8000}{1000 \pi} \left[ \log \frac{1000}{0.955} - 2 + \frac{150}{500} - \frac{150^2}{16 \times 500^2} + \frac{150^4}{512 \times 500^4} \right]$$

$$R = 18.2 \text{ correcto}$$

El criterio de tomar varilla única con un factor del 60% del gráfico comparativo de varillas múltiples da resultados correctos con los mismos datos.

$$R = 0.6 \times \frac{8000}{500 \pi} \left[ \log \frac{1000}{0.955} - 1 \right]$$

$$R = 18.19 \text{ ohmios}$$

#### 3.4.2.2. Tableros Nros. 1 y 3.

Electrodo individual en cada zona con  $\rho = 5000$  ohms/cm<sup>3</sup>,  $a = 0.955$  cm,  $L = 250$  cm, se espera  $R = 20$  ohms con la fórmula del Caso I:

$$R = \frac{5000}{500 \pi} \left[ \log \frac{1000}{0.955} - 1 \right]$$

$$R = 18.95 \text{ Ohms correcto}$$

## 3.4.2.3. Tablero N° 4.

Electrodo individual con  $\rho = 3000 \text{ Ohms/cm}^3$

$a = 0.955 \text{ cms}$  y  $L = 150 \text{ cms}$ .

$$R = \frac{3000}{300} \left[ \log \frac{600}{0.955} - 1 \right]$$

$R = 17.33 \text{ ohmios correcto}$

La longitud dada para cada caso, así como la resistencia de la puesta a tierra será probada al instalarse.

## 3.4.2.4. Conductores de puesta a tierra.

El calibre de los conductores de puesta a tierra del equipo de fuerza y canalizaciones interiores se rán hechas de acuerdo a la tabla siguiente:

TABLA N° 3.4.2

Ajuste del fusible de 125 a 150 % de $I_n$ en amperios	Tamaño del hilo	
	Cobre-AWG	Aluminio AWG o MCM
15 o menos	14	12
20	12	10
30	10	8
40	10	8
60	10	8
100	8	6
200	6	4
400	3	1
600	1	2/0
800	0	3/0
1000	2/0	4/0

Con la tabla 3.4.2 se selecciona el conductor de tierra para los equipos, los cuales unen la barra neutra con la masa de cada motor.

En los planos de instalación de fuerza P-03, P-04, P-05 y P-06, se indica el cuarto conductor acompañando a los de fuerza. En las instalaciones de alumbrado, el conductor neutro conduce corriente y en caso de falla se quemará el fusible de fase respectiva; para mejorar el potencial de tierra, se lleva un conductor que una las estructuras metálicas que soportan las luminarias con la barra neutra en cada tablero.

#### 3.4.2.5. Pararrayos y protección contra descargas atmosféricas.

Se usarán pararrayos en el poste de llegada de la línea de 10 KV, con puesta a tierra por cable desnudo de  $16 \text{ mm}^2$ , la cabeza terminal se conectará a la tierra de este poste, asimismo en la Subestación, la tierra de la cabeza se conectará a la tierra del sistema.

En el secundario el neutro del transformador, se unirá al sistema de puesta a tierra, por medio de cable N° 0 AWG. La protección exterior contra potenciales peligrosos, por la alta densidad de descargas atmosféricas en la zona, que pueden producir chispas o incendios en la planta, serán ejecutadas por 4 varillas pararrayos en los puntos más elevados del sistema, unidos a jabalinas de 2.5 mts. de profundidad hincados en tierra por medio de cables de 16

mm<sup>2</sup> 6 N° 6 AWG.

Estas varillas pararrayos estarán alejados más de 2 mts. de cualquier carcasa metálica de equipos o conductor eléctrico, en cualquier punto de su trayecto a tierra, evitando así; los impactos directos, la inducción electrostática e inducción electromagnética sobre el equipo y líneas, en caso que el centro de la tormenta esté sobre o cerca a la planta.

El área protegida por varillas pararrayos, se aproxima a un círculo de radio 4 veces la altura de la varilla. Sin embargo el radio de protección varía con la altura de la nube para una varilla determinada, así se debe cumplir la siguiente relación :

$$R_p = \sqrt{2R_c - 1}$$

donde :

$$R_p = \frac{\text{radio del área circular}}{\text{altura de la varilla}}$$

$$R_c = \frac{\text{altura de las nubes}}{\text{altura de las varillas}}$$

con varillas colocadas en :

Planta N° 1 : E5 elevador N° 5 altura 30 metros  
E4 elevador N° 4 altura 14 metros

Planta N° 2 : E4 elevador N° 4 altura 25 metros  
E3 elevador N° 3 altura 12 metros

Con alturas de nubes variando entre 120 y 600 metros se hallan radios variables de 350 mts máximo a 56 mts mínimo, lo que asegura una ganancia de protección.

\* F.W. PEEK Jr. Transactions AIEE Sept. 1926

## CAPITULO IV

### SISTEMAS DE CONTROL Y EMERGENCIA

#### 4.1. CONSIDERACIONES GENERALES

Dos características a una instalación convencional son deseables en la operación de la planta.

##### 4.1.1. Control y automatismo

El uso del control automático en algunos procesos industriales de una instalación es ventajoso porque aumenta la confiabilidad del sistema al eliminar o disminuir la probabilidad de falla por errores humanos.

Se hace uso de estos sistemas en los siguientes lugares:

##### 4.1.1.1. Control de temperatura en secadora VITORIA.

El secado del grano se realiza por medio del aire caliente producido en un horno que usa cáscara y leña como combustible. El aire caliente circula por la cámara de secado, succión producida por un ventilador de tiro inducido que se encuentra en la zona de descarga de la cámara, el flujo de arroz que va secando es controlado mecánicamente, pero no el flujo de aire, en las dos secadoras SV-300, planta N° 1 y SV-200, planta N° 2, ambos flujos intervienen en la regulación de la temperatura.

Ya que existen recomendaciones para el secado del arroz, considerándose como seco con un contenido de 8% a 15% de

humedad en peso y un óptimo de 10%. Los fabricantes de la secadora recomiendan las siguientes temperaturas:

TABLA N° 4.1

Temperaturas recomendadas para secado

Producto	Temperatura en la cámara
Arroz	90 a 100°C
Soya	80 a 90°C
Trigo	100 a 110°C
Maíz	100 a 110°C
Sorgo	100 a 110°C
Frejol	80 a 90°C

El control se efectuará en el flujo de aire caliente que circula por la cámara de secado.

4.1.1.2. Control de nivel de silos almacenadores.

El llenado de silos almacenadores de arroz seco con capacidades de 500 a 1000 toneladas, por lo general se produce después de 30 a 60 días de secado continuo la operación de llenado del silo necesita de un control automático que corte el suministro en el nivel considerado de silo lleno, evitando el trabajo de personal subiendo y bajando al punto más alto con la posibilidad de error, ya que el silo en intemperie es una unidad prácticamente cerrada.

Con este fin se instalan interruptores de control por nivel superior, tipo balanza para granos el que dejará sin tensión al motor del elevador E5, planta N° 1 y E4 plan



ta N° 2 que llenan los silos.

De acuerdo a las características de trabamo de los elevadores citados y al diagrama de flujo de grano en los planos respectivos, el llenado se hará con el control automático, dejando la operación manual para otros trabajos del elevador, tales como trasladar el grano hacia otros silos.

Ya que el trabajo de este sistema es simple, su ejecución se realizará con insumos locales, probándose en el lugar de uso. A continuación se muestra la tabla de pesos específicos del arroz en diferentes estados extraídos del catálogo 1000 de Link-Belt.

TABLA N° 4.2

Peso específico del arroz

Arroz pilado .....	0.736 gr/cm <sup>3</sup>
Arroz cáscara .....	0.646 gr/cm <sup>3</sup>
Arroz cáscara seco .	0.576 gr/cm <sup>3</sup>
Cáscara de arroz ...	0.288 gr/cm <sup>3</sup>

Con los silos almacenadores de arroz cáscara seco el equipo de control a usarse será el apropiado para tal ejecución.

#### 4.1.2. Sistema de Emergencia

El uso de un sistema de emergencia como suministro auxiliar en caso de cortes de energía, por parte del concesionario, es considerado de necesidad si un estudio técnico-económico previamente realizado lo garantiza co

mo tal.

Existen casos en los cuales un grupo de emergencia se sobrentiende como necesario por la seguridad de las personas y bienes, necesidades propias de la actividad y alto tráfico de personas, donde las estimaciones económicas - pueden ser secundarias ante casos de emergencia.

El sistema de emergencia tendrá la siguiente secuencia de operación:

Inmediatamente haya un corte de energía en barras del tablero de distribución en la subestación, se accionará en forma automática el alumbrado de emergencia constituida por 10 lámparas de 25W, 48V en corriente continua, alimentadas por 4 baterías, 12 voltios, ubicadas según esquema del sistema de alumbrado, capítulo III y cuyo mantenimiento se considera eficiente.

Las lámparas de emergencia iluminan el camino a la puerta principal de la subestación, donde un operador deberá arrancar el grupo y energizar la planta, observando antes, que el interruptor principal de entrada de ELECTRO-ORIENTE esté desconectado, un sistema de bloqueo del interruptor de entrada a barras del tablero desde el grupo, adicionalmente evitará doble alimentación, ya que el grupo nunca trabajará en paralelo con la alimentación normal.

Teniendo en consideración lo indicado se procede a realizar el estudio de selección del grupo de emergencia que será útil en la medida de entender sus alcances y limita

ciones.

#### 4.2. OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE EMERGENCIA

En una industria del tipo prescrito la necesidad de un grupo electrógeno como sistema de emergencia es mayor, conforme aumentan las horas de parada del suministro normal. De acuerdo a la estadística del concesionario en la zona y a criterios de probabilidades, las horas de parada tienden a valores fijos, así tenemos el siguiente cuadro de horas paradas:

1980	----	202 horas
1981	----	244 horas
1982	----	186 horas
1983	----	160 horas
1984	----	124 horas
1985	----	126 horas

Teniendo un promedio de 174 horas/año, adicionando 6 horas por mantenimiento del transformador tendremos 180 horas/año, valor con el cual efectuamos los cálculos siguientes:

##### 4.2.1. Pérdidas anuales por horas paradas

Teniendo un equivalente de 4.5 toneladas de arroz procesado en 8 horas de trabajo neto y un costo de 0.8 - intis por cada kilo trabajado, considerando un 80% de - las horas paradas como improductivas, tendremos:

$$P_t = 180 \times 0.8 \frac{\text{horas}}{\text{año}} \times 4500 \frac{\text{kilos}}{8 \text{ hras}} \times \frac{I/. 0.8}{\text{Kilo}}$$

$$P_t = \text{I/. } 64800/\text{año}$$

Otras pérdidas, teniendo entre estas faltas de seguridad probable deterioro del material 20% de  $P_t$ :

$$0.2 P_t = \text{I/. } 12960/\text{año}$$

Haciendo un total de:

$$\text{I/. } 77760/\text{año}$$

#### 4.2.2. Gastos propios del grupo de emergencia

Calculamos primero los gastos propios de operación y mantenimiento del grupo.

Para grupos electrógenos en uso a carga variable desde 40 Kw hasta 200 Kw, el consumo de combustible sigue aproximadamente la siguiente ecuación:

$$C = 1.08 + 0.073 \times \text{gal/hora}$$

donde: C consumo de diesel N° 2 en galones/hora  
x potencia del grupo diesel en KW.

Datos válidos para motores CAT 3306 o LISTER JAS6 de 1800 r.p.m., 6 cilindros y potencias aproximadas a 100 Kw, - temperatura ambiente 30°C. Los gastos de mantenimiento considera 5% de gastos de operación, teniendo un gasto anual por operación del G.E.

$$G_{om} = \text{gastos del grupo electrógeno}$$

$$\text{Costo del galón diesel N° 2} = \text{I/. } 13.5$$

$$G_{om} = \text{I/. } 180 \times 1.05 \times 13.5 \times (1.08 + 0.073 \times x)/\text{año}$$

$$G_{om} = I/. 2755.62 + 186.26x/año$$

El costo del grupo electrógeno con valores comprendidos entre 40 y 200 Kw podemos aproximarlos a un estimado de I/. 2300/Kw (costo en el mercado nacional). Considerando una vida útil de 10 años también con interés del 40% anual, no para efectos de adquisición sino para analizar los costos anuales de tener un grupo que puede estar mucho tiempo sin usarse, con este fin se aplica el factor de recuperación de capital que viene dado por la fórmula:

$$R = P \left[ \frac{i(i + i)^n}{(1 + i)^n - 1} \right]$$

donde: R pago anual para recuperar P  
 P gasto inicial por compra del grupo  
 i interés anual 40%  
 n número de 10 años de vida útil

luego:

$$R = P \times \frac{0.4 (1.4)^{10}}{1.4^{10} - 1} = 0.414 P$$

Ya que: P = 2300x intis costo del grupo

$$R = I/. 952.2x/año$$

Puesto que el uso del grupo electrógeno suministra energía eléctrica que normalmente se paga, éste es un gasto recuperado de acuerdo con las tarifas Eléctricas del Sector Energía y Minas: "T N° 32 industrial mayor, potencia

rectificar errores en especificaciones existentes, las cuales como es de suponer, tienen sus propias justificaciones.

Intentos de normalización en la industria se han efectuado con limitados sucesos, los viejos hábitos son difíciles de romper y otras características propias del intercambio tecnológico siempre en constante variación.

Otra característica importante de las especificaciones, es la responsabilidad legal que puede arrastrar una mala escritura o una falla propia del ingeniero que diseña, por ello es necesario observar bien para ser mejoradas, aprobadas o rechazadas. Finalmente al ser ejecutada la obra realizar las pruebas necesarias.

De acuerdo a lo desarrollado en los capítulos anteriores, podemos especificar lo siguiente:

## 5.2. ESPECIFICACIONES TECNICAS DE EQUIPOS DE SUBESTACION

### 5.2.1. Transformador

Trifásico en aceite, enfriamiento natural

Potencia 400 KVA, Delcrosa, BBC, etc.

Tipo TECD 3205 o TDAKWB, según fábrica.

Relación: 10,000 V/380 V.

Conexión DY5 con neutro accesible.

Frecuencia de operación 60 Hz

Taps a 5 posiciones + 5% a 10,000 V.

Tensión en cortocircuito 5.5%.

contratada de 50 a 999 KW, suministros con alimentación a tensiones nominales entre 2300 y 13800 voltios inclusive:

$$I/. \text{ KW} - \text{ hr} = 0.26$$

$$I/. \text{ KVAR-hr} = 0.12$$

o un equivalente a I/. 0.35/kw-hr.

Haciendo un anual de I/. 63x/año por las 180 horas de uso del G.E. Como vemos interviniendo los factores de tallados encontramos la potencia óptima del grupo cuando:

$$\text{Pérdidas totales} = \text{Gastos por uso del grupo}$$

$$I/. 77760 = 2755.6 + 186.26x + 952.2x - 63x$$

de donde:  $x = 69.74 \text{ KW}$

Esta selección es un límite superior desde el punto de vista económico, pero no necesariamente es una selección técnica a las necesidades de la planta.

#### 4.2.3. Necesidades de la planta de emergencia

De acuerdo al estudio de carga realizado en el Capítulo II, tenemos que:

Tablero N° 1	M.D.	65.67 Kw
Tablero N° 2	M.D.	29.9 Kw (12 Kw)
Tablero N° 3	M.D.	60.3 Kw
Tablero N° 4	M.D.	27.2 Kw
Tablero N° 5	M.D.	44.2 Kw
Tablero N° 6	M.D.	19.0 Kw (10.7 Kw)
Tablero N° 7	M.D.	13.2 Kw ( 6.2 Kw)

Las cargas entre paréntesis corresponden a las oficinas,

residencia y alumbrado, puesto que éstas se usan por seguridad y confort, justifica tener el uso de por lo menos un tablero de producción en una zona de trabajo con un mínimo de una hora de operación en emergencia, la carga necesaria es:

$$65.67 + 12 + 10.7 + 6.2 = 94.57 \text{ Kw}$$

Seleccionamos un grupo electrógeno de 100 Kw, recalculando los acápites 4.2.1 y 4.2.2, donde:

$$\text{Pérdidas totales} = \text{Gastos por uso del grupo}$$

$$432 \text{ N} = 118.79 \text{ N} + 95220 - 35 \text{ N}, \text{ siendo:}$$

$$\begin{array}{r} \text{Pérdidas en} \\ \text{N horas} \end{array} = \begin{array}{r} \text{Gasttos} \\ \text{del grupo} \end{array} + \begin{array}{r} \text{Costo anual} \\ \text{del grupo} \end{array} - \begin{array}{r} \text{Ahorro en tarifa} \\ \text{eléctrica} \end{array}$$

$$N = 273.4 \text{ horas/año}$$

lo que nos indica que el grupo deberá trabajar por lo menos 23 horas al mes en emergencia o a consecuencia de \_lla siendo rentable a partir de este mínimo. La opera - ción es rentable aún siendo autoproductor con un margen de ganancia mucho menor.

La operación del grupo de emergencia deberá seguir las - recomendaciones dadas en este capítulo observando sus limitaciones.

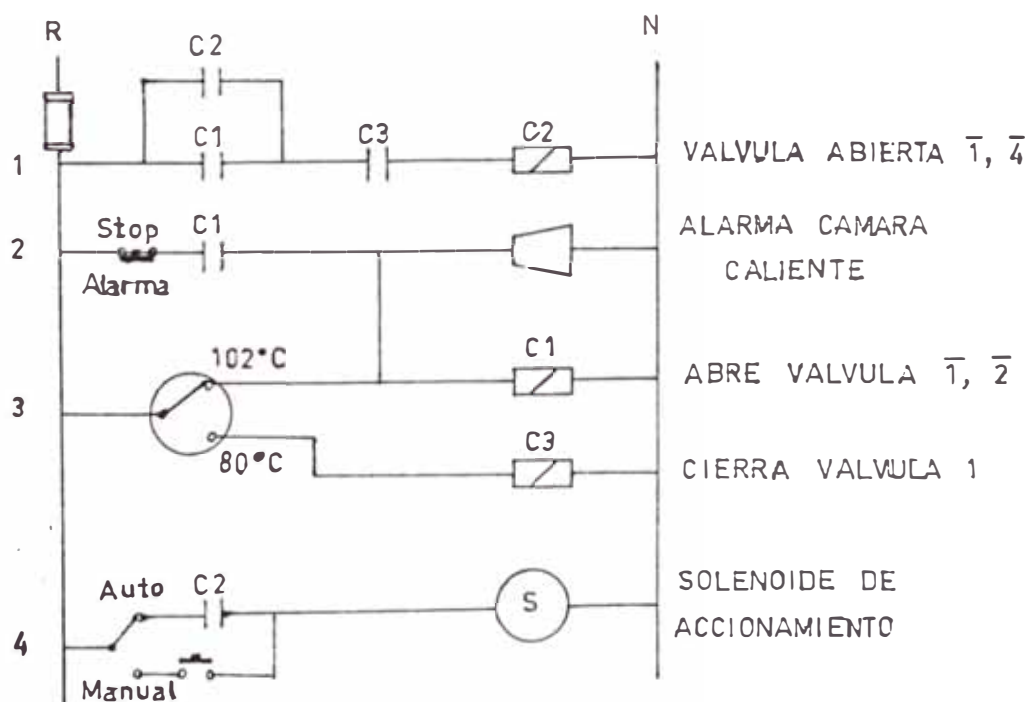
#### 4.3. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL Y EMERGENCIA

El diseño del sistema de control implica la selec - ción de dispositivos y forma como deberá funcionar cada uno de ellos de acuerdo a las necesidades de la operación



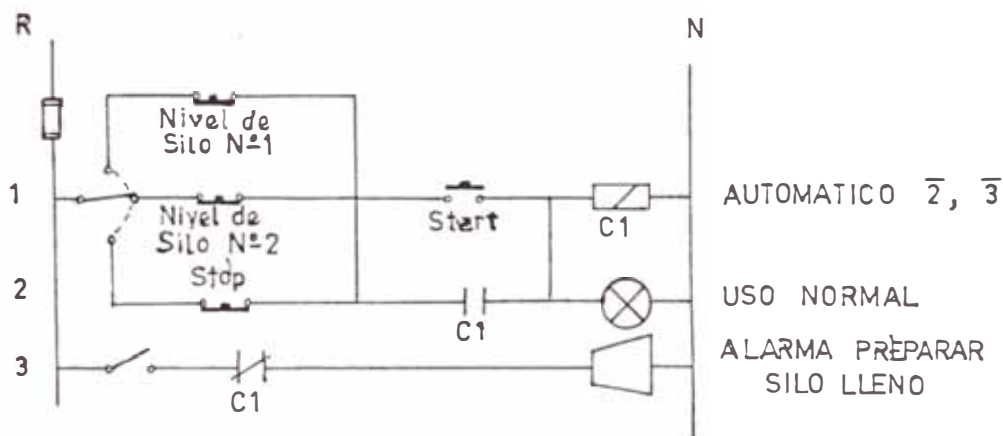
#### 4.3.1. Diseño del control de temperatura en el secado

Puesto que existe un límite superior de  $100^{\circ}\text{C}$  - se dispone de un termostato, cuya punta indicará la temperatura en la cámara de la secadora como un termostato común, tipo Bourdon de columna de fluido y con 2 toques, uno inferior y otro superior, graduables, disponible como contactos de accionamiento para 220 V y C.A. funcionando de la siguiente manera, seguir esquema: Al llegar la temperatura a  $102^{\circ}\text{C}$ , energizará la bobina del contactor C1 el cual ordenará la apertura de la válvula de aire frío que se mezclará bajándola, al mismo tiempo sonará la alarma que puede ser silenciada aprimiendo el botón Stop. Un contacto de C1 energiza el relé C2 que accionará el solenoide abriendo la válvula; C2 se mantendrá energizado con un contacto auxiliar, posteriormente al bajar la temperatura a  $80^{\circ}\text{C}$  se energizará C3, - ordenando el cierre de la válvula de aire frío.



los y una posición en uso manual para efectuar otras operaciones con el elevador E5, será colocado en el caso de la planta N° 1, dicho conmutador será sólo de 2 posiciones para la planta N° 2, elevador N° 4.

La alarma se debe preparar solo cuando se considere que el silo está próximo a llenarse porque al desenergizar - C1, ésta sonará aún cuando el silo no este lleno.



#### 4.3.3. Diseño del sistema de emergencia

Como el grupo de emergencia es de 100 Kw, se seleccionan los dispositivos de protección, especialmente el interruptor de entrada a barras (PANEL N° 3) que será automático y se calcula:

Corriente nominal

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} V}$$

P potencia en KVA  $\cos \phi 0.8 = 125$  KVA

V tensión en KV = 0.38

$$I = \frac{125}{\sqrt{3} \times 0.38} = 190 \text{ Amp.}$$

Para una tensión de cortocircuito del generador  $E_G = 5\%$  la impedancia del generador  $Z_G$ , sera:

$$Z_G = \frac{10 E_G V_n^2}{KVA_G} = \frac{10 \times 5 \times 0.38^2}{125} = 0.05776$$

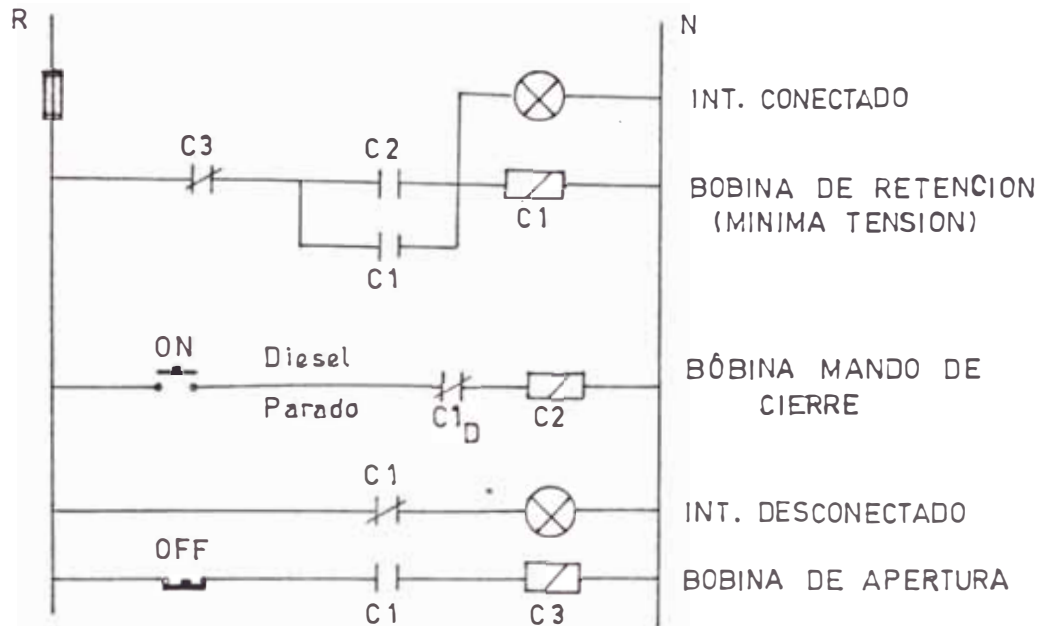
La corriente de cortocircuito en el generador:

$$I_{cc} = \frac{V_n}{\sqrt{3} Z_G} = \frac{380}{1.73 \times 0.05776} = 3798 \text{ Amp.}$$

Interruptor de 250 Amp. tipo SACE con poder de ruptura de 25 KA, termomagnético con relé de mínima tensión y sistema de bloqueo por interruptor del suministro normal será seleccionado para tal objetivo.

El sistema de emergencia tendrá la siguiente secuencia de entrada en operación.

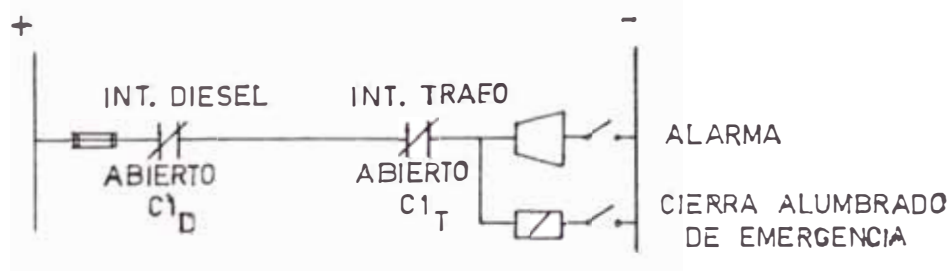
Al producirse un corte de energía en barras de B.T. en la subestación o una caída de tensión al 75% de la tensión nominal, se abra el interruptor activando el alumbrado de emergencia desde las baterías por medio de un contactor de bobina de 48V en c.c. que energizará las lámparas de emergencia, arrancándose el grupo diesel se conecta el interruptor de entrada a barras, al hallarse este desbloqueado por el interruptor de suministro normal, de cualquier manera se debe verificar que el otro interruptor esté fuera de servicio. Nunca se deben conectar los dos interruptores simultáneamente.



$C1_D$  : Contacto auxiliar cerrado con bobina de mínima tensión del relé desactivado en interruptor del grupo diesel (PANEL N° 3).

$C1_T$  : Contacto auxiliar cerrado con bobina de mínima tensión del relé desactivado en interruptor del transformador (PANEL N° 1). En el esquema mostrado está el lugar de  $C1_D$ .

El alumbrado de emergencia entrará en funcionamiento sólo si los dos interruptores de entrada desde el transformador y el grupo están abiertos, además los interruptores para alarma y alumbrado deberán estar conectados; en el esquema siguiente se dan las condiciones.



## CAPITULO V

### ESPECIFICACIONES TECNICAS DE EQUIPOS Y MATERIALES

#### 5.1. CARACTERISTICAS Y OBJETIVOS DE LAS ESPECIFICACIONES

El propósito principal de cualquier juego de especificaciones eléctricas es llevar en forma precisa las ideas e intenciones del diseñador eléctrico hacia el contratista o personas encargadas del montaje y ejecución de la obra, quienes deben comprar los materiales y equipos necesarios para realizarla.

En los capítulos anteriores se hallan datos y decisiones que pueden tomarse como especificaciones, sin embargo considero que éstas serían insuficientes sino se aclaran las características de equipos y materiales que pueden encontrarse en el mercado de preferencia nacional, encontrándose dificultades al no hallarlos por diferentes motivos.

Por experiencia las firmas que diseñan, añaden o modifican constantemente las normas de especificaciones, reflejando novedades o cambios en las condiciones encontradas usando sólo las partes aplicables a la tarea específica. Muchas de ellas guardan estos datos en computadoras las que se pueden disponer de acuerdo a las necesidades, por este motivo en el presente capítulo no pretendo desarrollar un juego completo de especificaciones maestras o

Capacidad continua con una elevación de temperatura en el cobre de 55°C en una temperatura ambiente de 40°C.

Aislamiento de devanados, clase A.

Altura de trabajo 3,000 m.s.n.m.

Tipo de control manual.

Accesorios: ganchos de sujeción, termómetro, tanque de conservación de aceite, bases de riel, ruedas para rolar y conectores para terminales de A.T. y B.T.

Rígidez dieléctrica del aceite mínimo 60 KV.

Nivel máximo de ruido 60 dB.

Montaje interior, subestación según plano P01.

#### 5.2.2. Tablero de distribución general

Compuesto de 3 cubículos de 1,000 mm de ancho cada uno.

Dimensiones: 2,400 (h) x 3,000 (a) x 700 (p)

Fabricado de plancha de acero galvanizado de 1/16 pulgadas de espesor con pintado interior y exterior de primera mano, pintura anticorrosiva con acabado de esmalte metálico gris o color amarillo verdoso.

Conteniendo en los paneles números 1, 2, y 3 los detalles en 3.1.2.5 y en 4.3.3.

Todos los componentes serán apropiados para tensión de trabajo 380 V en línea de fuerza y 220 V u otro de acuerdo a fábrica para equipos de control. Instalación inte

rior con 3 puertas frontales. La presentación de los interruptores automáticos en B.T. serán realizados en los paneles Nros. 1 y 3 para suministro normal y en caso de emergencia, según 3.1.2.2 y 4.3.3. respectivamente.

La conexión de terminales a barras serán las apropiadas para las corrientes halladas para cada conductor, los cuales una vez conectados deberán ser marcados y denominados según una secuencia de fases R, S, T que servirá de referencia para los tableros de cada zona de trabajo.

La conexión para el sistema de control de los interruptores, así como el alumbrado para los aparatos de medición estarán marcados y señalizados de acuerdo a la función que cumplen según diagrama 4.3.3. para casos de emergencia y uso normal, según catálogos de los fabricantes de interruptores y aparatos de medición.

Las barras R, S, T y N serán convenientemente aisladas, de acuerdo al uso respectivo en cada caso, la fijación de todos los componentes, así como del tablero se hará mediante pernos tropicalizados de manera que puedan ser retirados para casos de reparación y manteniendo sin dificultad.

Las puertas de los 3 paneles serán correctamente abisagradas y selladas a prueba de polvo.

### 5.2.3. Acometida

A la llegada de la línea de 10 KV se instalarán

3 pararrayos de 15 KV, tipo autovalvular, conectados a tierra por medio de conductor cableado desnudo N° 4 AWG o  $16 \text{ mm}^2$  de 7 hilos y temple semiduro.

La acometida de 10 KV se hará por medio de cable NKY para 10 KV,  $3 \times 16 \text{ mm}^2$  con cabezas terminales en sus extremos, especificado para el tipo de cable y conectado a la puesta a tierra. La cabeza terminal en la línea de llegada estará sujeto al último poste de la línea, así como el terminal de ingreso al transformador se hará al seccionador-fusible en ese orden, de la caseta adosada al transformador que tendrá puerta frontal de una sola hoja.

El tendido del cable será subterráneo y su recorrido será señalizado protegiendo el cable con una línea de la drillo hasta su llegada a la subestación, donde la canaleta estará preparada para su instalación, todas las canaletas en la subestación serán protegidas por pasillo de plancha metálica de acero negro de 1/4" de espesor. La acometida en B.T. del transformador al tablero de distribución general se hará por medio de terminales para cables de 400 MCM.

### 5.3. ESPECIFICACIONES TECNICAS DE INSTALACIONES DE FUERZA -

#### 5.3.1. Conductores Eléctricos

Cables tipo THW.

Aplicación general en locales interiores



con ambientes seco o húmedo.

Tensión de servicio 600 voltios.

Temperatura de operación 75°C.

Descripción: conductor de cobre electrolítico blando - de 99% de pureza, cableado concéntrico, - aislamiento de cloruro de polivinilo especial.

Todas las conexiones, terminales y calibres de conductores para instalaciones de fuerza se harán de acuerdo - con el diseño realizado en 3.2.

#### 5.3.2. Tableros eléctricos

Según esquemas para tableros en 3.2, dimensiones con escala 1:100.

Fabricados de plancha de acero galvanizado de 1/16" de espesor, anclado al piso por medio de pernos con pintado interior y exterior, primera capa de pintura anticorrosiva y acabado con esmalte metálico gris claro o amarillo verdoso.

Tableros 3 y 4 con puerta de doble hoja, tablero 5 con una sola, todas correctamente abisagradas y a prueba de polvo.

La entrada a barras en los tableros será a través de interruptores de maniobra-seccionadores, tipo MERLIN-GERIN VANOSSI MILANO u otro similar con manubrio para operación manual, la tensión nominal  $V_n = 418$  voltios, 60 Hz para la corriente de 300 Amp. (Tab 3) y 200 Amp. (Tabs. 4 y 5), corriente de cortocircuito de 15 KA en todos los casos.

El contenido de los tableros viene dado por lo establecido en 3.2.2.3, en el cual se muestran los esquemas básicos para la protección y mando de los motores respectivos. No se considera necesario el uso de instrumentos de medición, ya que el tamaño de la carga no lo justifica, cualquier necesidad al respecto deberá ser realizada por otros medios. Los fusibles típicos de fabricación nacional, tipo tapón DZ y fusibles tipo cartucho NH, asimismo los contactores y térmicos pueden encontrarse, siendo de valores normalizados, la selección para motores debe efectuarse en función de la potencia y no de la intensidad absorbida.

Barras rectangulares de 20 x 3 mm. como mínimo serán seleccionadas siendo de cobre electrolítico de 99.9% de pureza. Todas las conexiones de fuerza para motores se harán con el calibre del conductor que alimenta como mínimo los terminales para estas conexiones unidas con pernos tropicalizados para evitar corrosión por bimetálicos.

Las conexiones de control se harán con conductor 14 AWG y todos los terminales estarán correctamente marcados y señalizados, de este modo se facilitará el mantenimiento. Para todos los casos se debe realizar las pruebas de aislamiento con un mínimo de 5,000 . El Electrical and Electronic Engineer Standard Institute, recomienda:

$$\text{Megaohmios} = \frac{\text{tensión (voltios)}}{\text{KVA} + 1,000}$$

Para el caso se encuentran valores comprendidos entre 0.27 M y 0.38 M .

Las pruebas finales serán las de entrega y consistirán en el funcionamiento correcto de las instalaciones.

### 5.3.3. Zanjas, ductos y buzones

La acometida a los tableros Nros. 3, 4 y 5 realizadas en canales los que contendrán los ductos en cuyo interior van los cables alimentadores. Asimismo la línea de alimentación a cada motor será llevado en subterráneo hasta el punto más próximo de la ubicación del motor.

Las zanjas necesarias para tal efecto serán de las dimensiones que se dan en el esquema 5.3.3, donde también se observan los ductos cuyo diámetro se indica en los planos P-03 y P-05.

El lecho sobre el cual van los ductos, así como una capa por encima de ellas será grava consistente en ladrillos y hormigon partido, las zanjas serán tapadas finalmente con concreto, las que deberán pintarse con una línea de 6 cm. de ancho con pintura roja indicando el camino recorrido.

Los ductos serán de PVC, tubería SAP de pared gruesa para instalación industrial y enterrada directamente en tierra, las que se ubicarán en la zanja e irán ligadas por abrazaderas a las estructuras metálicas de los elevadores en el recorrido exterior.

La selección de los ductos por su diámetro se hace con la tabla 2-D-XII-2 del CEP Edic. de 1976. La ubicación de los conductores, ductos y zanjas se observan en los planos P-03 y P-05 con seccion detalladas en el esquema 5.3.3.

La conexión entre la boca del último ducto y la caja de bornes del motor se hará por medio de manguera flexible metálica.

Los buzones cuya función principal es servir de inspección y de paso en el tendido de cables tendrán la forma indicada y su profundidad será de 30 cms. al igual que todas las zanjas y será ejecutada en concreto con bisel para sostener la tapa metálica.

#### 5.4. ESPECIFICACIONES TECNICAS EN INSTALACIONES DE ALUMBRADO

##### 5.4.1. Conductores eléctricos

La acometida a los tableros de alumbrado 6 y 7 se harán con conductor cableado de 7 hilos N° 6 AWG, tipo THW para la corriente calculada y será tetra filar, el conductor neutro también es de servicio en la instalación de alumbrado.

Los conductores para todo el sistema a partir de los tableros es del tipo sólido TW con el acabado exterior que facilite el deslizamiento de ellos en el interior de tubos conduit.

#### 5.4.2. Ductos, cajas de paso y de control.

Todos los conductores irán en el interior de tubos conduit SAP de PVC pared gruesa para instalación industrial exterior empotrada en pared y fijada a estructuras metálicas con 2 abrazaderas por tubo como mínimo.

Todos los puntos donde se realizan derivaciones empalmando hasta un máximo de 7 conductores N° 10 AWG se harán en cajas de material plástico para instalación visible de forma cuadrada con dimensiones 1 1/2" x 4", las mismas que deben ser usadas como cajas de salida para artefactos de iluminación. Todo accesorio para el cierre, fijación de las cajas deberán ser suministradas por el proveedor.

Las cajas de control con los interruptores ubicados en los lugares del esquema 3.3 serán del tipo empotrado y accionamiento superficial, tipo metálico, unipolar y con un mínimo de 6A, de capacidad nominal para 220 V, no serán usados en ningún caso como caja de empalmes ni de paso.

#### 5.4.3. Tableros de alumbrado

Los tableros Nros. 6 y 7 serán cajas metálicas fabricadas con plancha de acero galvanizado de 1/16" de espesor y de dimensiones 80 x 50 x 20 cms, pintado interior y exterior con una primera capa de pintura anticorrosiva y acabado con esmalte gris metálico o amarillo verdoso, tipo frontal, sujeta con pernos y con empaqueta

duras a prueba de polvo, conteniendo el equipo seleccionado y señalado en 3.3. Ubicado a 1.20 metros sobre el nivel del piso con acometidas y salidas por pared, los tableros deberán introducirse 10 cms. dentro de ella y fijarse mediante pernos anclados en la pared.

Todas las salidas desde el tablero tendrán los agujeros apropiados para ductos de 1/4" de  $\emptyset$  por lo menos. Antes de realizarse las conexiones se debe verificar una correcta señalización, designando los circuitos derivados y la acometida con Spaguetti u otro tipo de marcador, es to es muy importante para evitar pérdidas de tiempo por identificación.

#### 5.4.4. Lámparas, luminarias y soportes

Puesto que un proyecto de iluminación basa su realización en un nivel de iluminación, el método y sistema del mismo, de acuerdo con el diseño efectuado en 3.3.2., éste se ejecutará con la lista para lámparas y luminarias ahí entregada, cualquier variación respecto a las lámparas y accesorios en cuanto a las especificaciones, por no encontrarse las de lista, deberá mantener una aproximación aceptable a los valores del diseño. Todos los accesorios, tales como ballastos, bases y elementos de fijación, deberán ser coordinados con los proveedores del equipo, para la ejecución de la instalación se deberán preparar los soportes necesarios para su colocación, teniendo para ello la ubicación de las salidas en el esquema 3.3.

### 5.5. ESPECIFICACIONES TECNICAS DE PUESTA A TIERRA

La coordinación de la puesta a tierra deberá efectuarse entre el diseño efectuado en 3.4 y las instalaciones de fuerza y subestación, en lo que se refiere a la tierra del equipo, motores cuya carcasa estará cableada por el conductor de tierra y conectado a la barra neutra en cada tablero, este conductor debe estar señalizado - con una cinta verde adherida en los extremos terminales.

El calibre de los conductores está indicado en los planos P-03 y P-05 correspondiente a la instalación de fuerza.

La puesta a tierra física de los tableros y subestación se efectúa por medio de varillas de conexión a tierra hechas de tubo de acero con la superficie exterior recubierta de cobre y acabado en punta, según modelo de la Cooperweld Steel Co., estos tubos deben ser galvanizados para evitar la corrosión, la cubierta de cobre proporciona - una buena conexión eléctrica. Según indica la Cooperweld la cubierta de cobre es eléctricamente fusionada al núcleo de acero eliminando la acción electrolítica.

Todas la varillas deben ser introducidas a golpe de martillo, manual o neumático y hasta la longitud especificada para cada caso, sea 8 (2.40 mts) ó 5' (1.52 mts) en los puntos señalados. Los conductores de unión tierras de equipo (barra N) con los electrodos se hará por medio de grapas de cobre apretados por medio de perno; el cali

bre mínimo de conductor es N° 8 AWG. Uno de los electrodos de la subestación servirá como tierra para la carga del transformador y del grupo de emergencia y serán:

Tierra del transformador : calibre 1/0 AWG  
 Tierra del grupo electrógeno: calibre 4 AWG  
 Tierra de tableros 1, 2 y 5 : calibre 6 AWG  
 Tierra de tablero N°3 : calibre 4 AWG  
 Tierra de tablero N°4 : calibre 8 AWG

#### 5.6. ESPECIFICACIONES TECNICAS DEL SISTEMA DE EMERGEN - CIA

##### 5.6.1. Grupo electrógeno.

En el capítulo IV se realizó el estudio de la selección de un grupo electrógeno de 100 KW, cuyas especificaciones varían ligeramente de acuerdo a la marca; se encuentran motores para esa potencia de 4 y 6 cilin - dros, generalmente con turbocargador y salida en el eje de 162 a 173 HP, las dimensiones están encuadradas dentro del espacio señalado en el plano de subestación.

Las exigencias eléctricas indican datos acerca del generador: Potencia activa 100 KW,  $\text{Cos } \emptyset = 0.8$ , conexión del devanado estrella con neutro accesible 380 voltios/220 V con neutro; aislamiento clase F tropicalizado. Tablero de control metálico con todos sus instrumentos incorporados y fusibles de protección. Toda la coordinación para su instalación, conexión y puesta a tierra es efectuada en 3.2 y 4.3.3.



Los cables alimentadores deberán seguir la misma secuencia de fases que la conexión del transformador. La preparación de las bases y estructuras para el tanque de combustible también deberá observarse.

#### 5.6.2. Alumbrado de Emergencia

Deberá realizarse de acuerdo a lo detallado en el Capítulo IV en ductos de PVC de 1/2" y con conductor TW calibre N° 14 AWG. Las lámparas serán para 48 voltios c.c. y con una franja roja de señalización. Las baterías serán de 12 V y enseriadas.

#### 5.6.3. Automatismo

Todo el sistema de control deberá realizarse de acuerdo a los diseños 4.3.1 y 4.3.2 en los que se dan detalles de funcionamiento y equipo necesario.

## CAPITULO VI

### METRADO Y PRESUPUESTO

#### 6.1. CONSIDERACIONES

La presentación de un presupuesto junto al expediente técnico, es por lo general lo que se denomina bases de la ejecución de una obra, ya que los propietarios de la obra habrán coordinado previamente las necesidades de la instalación con la firma encargada del diseño.

El estudio realizado considera la presentación de un presupuesto, sirviendo éste para realizar el financiamiento su ejecución total, parcial, suspensión, etc. de acuerdo con las posibilidades económicas y formas de recuperación de capital.

Existen muchas variables en el análisis económico en ingeniería, por lo que espero que los costos que se presentan sean tomados como datos de aproximación al mes de Abril de 1986 y no como fuentes exactas de información, lo cual podría tomarse como error.

Muchos proveedores dan tiempos muy cortos de validez de cotizaciones y la economía del país con una tasa de inflación alta hace necesario un reajuste polinómico de precios. El metrado de las instalaciones se obtiene de los capítulos anteriores.

6.2. PRESUPUESTO DE SUBESTACION

Item N°	Especificación del equi po, material, trabajo u otros	Canti dad	Precio I/.
1	Transformador 400 KVA según especificación 5. 2.1 con accesorios in - corporados	1 u	86,800
2	Celda adosada a un trans formador conteniendo - seccionador y fusibles, especificación 3.1.2.1	1 u	25,400
3	Acometida consistente - en pararrayos, cabezas terminales, 25 mts de - cable NKY según especi ficaciones de 5.2.3	1 u	30,400
4	Tablero de distribución general especificado se gún 5.2.2, 3.1.2.5 y 4. 3.3.	1 u	74,600
5	Grupo electrógeno de 100 KW, especificación 4.3. 3 y 5.6.1.	1 u	320,000
6	Baterías y alumbrado de emergencia según 4.3.3.	1 u	15,000
7	Transporte y ubicación de equipos y material - total puesto en obra		36,000
8	Mano de obra para cimen tación, bases, canale -		

Item N°	Especificación del equipo, material, trabajo u otros	Cantidad	Precio I/.
	tas de subestación y tanque de combustible con suministro de material menor para ejecutar.		17,000
9	Tendido y preparación - de acometida 10 KV		5,000
10	Conexiones de baja tensión con materiales para acometida por parte del ejecutor, según 3.1.2.2		18,000
11	Electrodos de puesta a tierra con grapas, aditamentos, conexión previa colocación		3,400
TOTAL COSTO DE SUBESTACION :			I/. 631,400

### 6.3. METRADO Y PRESUPUESTO DE INSTALACION DE FUERZA

Item N°	Especificación de equipos, material o trabajo	Cantidad	Precio I/.
1	Conductores THW segun - especificación 5.3.1 y calibres:		
	400 MCM	18 m	7,920
	3/0 AWG	102 m	19,176
	1/0 AWG	24 m	3,336
	1 AWG	150 m	14,250
	2 AWG	120 m	7,996
	4 AWG	34 m	1,544
	6 AWG	208 m	5,953

8 AWG	58 m	1,607
10 AWG	450 m	5,400
12 AWG	232 m	1,798
14 AWG	1050 m	5,942

SUBTOTAL DE CONDUCTORES: ..... I/. 74,382

2 Ductos de PVC, SAP pared gruesa, 5 mts de largo de acuerdo a planos de instalación y diámetros siguientes:

diámetro 2 1/2"	8 u	560
diámetro 2.0"	12 u	744
diámetro 1 1/2"	10 u	530
diámetro 1 1/4"	12 u	528
diámetro 1.0"	2 u	72
diámetro 3/4"	40 u	1,080
diámetro 1/2"	46 u	828

Codos de 90° de las mismas características y diámetros:

diámetro 2 1/2"	2 u	70
diámetro 2"	2 u	64
diámetro 1 1/2"	2 u	60
diámetro 1 1/4"	4 u	100
diámetro 1"	2 u	42
diámetro 3/4"	25 u	400
diámetro 1/2"	30 u	360

SUBTOTAL COSTO DE DUCTOS Y CODOS I/. 5,438

3 Tableros de distribución según especificaciones 5.3.2.:

- Tablero N° 3 construcción metálica, soportes, puerta y pintura

do, dimensiones en esquema 3.3.1			14,000
- Construcción table- ro N° 4 con caracte- rísticas similares, dimensiones esquema 3.3.3.			12,000
- Construcción table- ro N° 5 con caracte- rísticas similares 5.3.2. dimensiones en esquema 3.3.5.			10,000
Contenido de tableros de distribución, espe- cificaciones 3.2.2.3. ubicación en esquemas 3.3.2. (Tab. 3), 3.3. 4. (4) y 3.3.6. (Tab. 5), lo que sigue:			
- Fusibles de tapón ti- po rosca con sus res- pectivas bases de su- jeción DZ, de ampe- rios:			
de 4 amp.	30 u		630
de 6 amp.	25 u		525
de 10 amp.	20 u		415
de 16 amp.	30 u		630
de 20 amp.	25 u		525
- Fusibles de cartucho tipo extraíble NH con sus respectivas ba- ses, de los amperios:			
de 30 amp.	20 u		1,200
de 40 amp.	12 u		780
de 63 amp.	16 u		1,088
de 150 amp.	3 u		225

- Contactores con protección térmica ubicados según esquema para tableros: 3, 4 y 5. Contactores y térmicos para motores de 20 HP, 380 V en fase, bobina de 220 V.	3 juegos	1,680
Contactores y térmicos para motores de 15 HP, 12 HP a 380 V, bobina 220 V.	3 juegos	1,260
Contactores y térmicos para motores de 10 HP, 380 V.	7 juegos	2,800
Contactores y térmicos para motores de 7.5 HP y menos.	18 juegos	6,480
- Pulsadores de arranque, 220 V.	32 u	960
- Pulsadores de parada, - 220 V.	32 u	960
- Lámparas de señalización de 220 V, con tapa roja, tipo bayoneta para fijación en tableros.	32 u	704
- Terminales para conexiones de cobre con pernos tratados para evitar <u>bi</u> metálicos y corrosión - de los siguientes amperios:		
de 300 amp.	6 u	210
de 200 amp.	12 u	312
de 125 amp.	18 u	324

	de 70 amp.	42 u	324
	de 40 amp.	36 u	378
	de 25 amp.	42 u	378
	de 15 amp.	54 u	405
-	Barras de cobre y aisladores portabarras según 5.3.2.		3,090
-	Interruptores tipo cuchilla para conexión en tableros según especificaciones idem.	3 u	18,000
-	Conductores para conexión de circuito de mando y señalización de los tableros TW, 14 AWG.	200 u	7,600
-	Regletas y borneras para conexión y marcado de los terminales de fuerza y control		850
-	Trabajos de ejecución y conexión de tableros Nros. 3, 4 y 5.		15,000
	SUBTOTAL COSTO DE TABLEROS NROS. 3, 4 y 5 I/.		103,913
4	Sistema de apertura automática de compuerta de aire frío por solenoide con regulador de temperatura según 4.3.1 - (sensor)	2 u	56,000
5	Sistema de control de nivel de silo con switch tipo balanza de presión, según 4.3.2	3 u	27,000
	SUBTOTAL SISTEMA DE AUTOMATIZACION I/.		83,000



6	Puesta a tierra de 5 tableros con 3 electrodos según especificaciones 5.5	6,000
7	Mano de obra para instalaciones eléctricas de fuerza y sistema de automatización, consistente en: Ejecución total de zanjas y buzones, tendido de ductos, cableado a tableros y motores de plantas Nros. 1 y 2 con suministro de material necesario para acabado, según planos P-03, P-04 P-05 y P-06.	35,000

TOTAL COSTO DE INSTALACIONES DE FUERZA: I/. 307,733

6.4. METRADO Y PRESUPUESTO DE INSTALACIONES DE ALUMBRADO

Item N°	Especificación del material, equipo o trabajo realizado	Cantidad	Precio I/.
1	Conductores eléctricos TW, tipo sólido o cableado según calibre y con especificaciones 5.4.1:		
	Cableado N° 6 AWG	250 m	6,000
	Sólido N° 10 AWG	200 m	2,396
	Sólido N° 12 AWG	300 m	1,600
	Sólido N° 14 AWG	1000 m	5,670
	SUBTOTAL COSTO DE CONDUCTORES	I/.	15,666
2	Ductos de PVC, SAP pared gruesa, cajas de paso y de control según especificaciones 5.4.2 de 5 mts		

de largo y diámetros:

diámetro	1 1/4"	12 u	528
diámetro	3/4"	12 u	324
diámetro	1/2"	15 u	1,170

Curvas de 90°

diámetro	1 1/4"	4 u	100
diámetro	3/4"	8 u	128
diámetro	1/2"	20 u	240

- Cajas de salida y de - paso cuadradas, PVC 1 1/2" x 4"	100 u	1,900
- Cajas de control con el interruptor de alumbrado	20 u	840
SUBTOTAL COSTO DE DUCTOS Y CAJAS:		I/. 5,230

3 Tableros de alumbrado se  
gún especificaciones da-  
das en 5.4.3.:

- Construcción metálica - de tableros Nros. 6 y 7 incluído material		3,600
- Contenido de fusibles - bases e interruptores - principales, como siguen:		
fusibles tipo DZ de 20 amp.	4 u	60
fusibles tipo DZ de 30 amp.	10 u	280
fusibles tipo DZ de 63 amp.	6 u	210
interruptores trifásicos tipo cuchilla para 60 amp.	2 u	220
SUBTOTAL COSTO DE TABLEROS DE ALUMBRADO:		4,770

4	Lámparas y luminarias de acuerdo a lista en diseño de alumbrado de 3.3 - se dá:		
	- Luminaria con lámpara de vapor de mercurio - 400 W y con accesorios tipo HQL-23, 000L	6 juegos	14,400
	- Lámpara de vapor de mercurio 400 W con accesorios y pantalla reflectora propia HQL-R 20, 500 L.	2 juegos	3,600
	- Luminarias con 2 lámparas fluorescentes de - 110 W o próximo, 6900 L, sistema semidirecto	24 juegos	16,800
	- Luminaria con 2 lámparas fluorescentes de - 90 W o próximo, 6400 L alumbrado directo	35 juegos	20,300
	- Luminaria con 1 lámpara de 110 W fluorescentes, directo con cubierta de acrílico blanco	3 juegos	1,440
	- Luminaria con una lámpara fluorescente de - 90 W directo	15 juegos	6,300
	- Luminaria con 3 lámparas fluorescentes de - 90 W, directo	1 juego	720
	- Luminaria con lámpara circline de 40 W	1 juego	350
SUBTOTAL COSTO DE LAMPARAS Y LUMINARIAS: I/.			63,910

5	Mano de obra eléctrica para la instalación de alumbrado consistente en: Preparación de soportes, colocación de ductos, cajas, conductores y conexiones con suministro de material menor por parte del ejecutor.	18,000
---	---	--------

TOTAL COSTO DE INSTALACION DE ALUMBRADO I/.107,570

#### 6.5. REAJUSTE POLINOMICO DE PRECIOS

La variación creciente en la economía hace que la estabilidad de los precios sea precaria, existen proveedores que mantienen la validez de la cotización solo para períodos de tiempo muy cortos, en vista de esto el Ministerio de Vivienda y Construcción ha normado las disposiciones contenidas en el D.S. N° 011-79-VC y su modificatorio D.S. N° 017-79-VC que resumimos:

Las fórmulas polinómicas de reajuste automático de los precios referidos por el artículo 2° del Decreto Ley, adoptarán la siguiente forma general básica:

$$K = a. \frac{J_r}{J_o} + b. \frac{M_r}{M_o} + c. \frac{E_r}{E_o} + d. \frac{V_r}{V_o} + e. \frac{GU_r}{GU_o}$$

en la cual:

K : es el coeficiente de reajuste de valorizaciones de obra como resultado de la variación de precios de los elementos que intervienen en la construcción, será expresado en aproximación al milésimo.

a,b,c,d,e : son cifras decimales con aproximación al milésimo que representan los coeficientes de incidencia en el costo de la obra de los elementos: Mano de obra(a), materiales(b), equipo de construcción(c), varios(d), gastos generales y utilidades(e), respectivamente.

Cada coeficiente de incidencia podrá corresponder a un elemento o grupo de elementos.

Los coeficientes de incidencia varían de acuerdo con el tipo de obra de que se trata y refleja por tanto, en cada caso, la correspondiente estructura de costos.

La suma de todos los coeficientes de incidencia (a+b+c+d+e) siempre resultará igual a la unidad 1.

$\frac{J_r}{J_o}, \frac{M_r}{M_o}, \frac{E_r}{E_o}, \frac{V_r}{V_o}, \frac{GU_r}{GU_o}$  : Son los cocientes de índices que expresan la variación de los precios.

$J_o, M_o, E_o, V_o$  y  $GU_o$  : Representan los índices de precios de los elementos, mano de obra, materiales, equipos de construcción, varios, gastos generales y utilidad respectivamente a la fecha del presupuesto base, los cuales permanecen invariables durante la ejecución de la obra.

$J_r, M_r, E_r, V_r, GU_r$  : Representan los índices de precios de los mismos elementos a la fecha del reajuste correspondiente.

Cada monomio de la fórmula puede subdividirse en dos o más monomios, con el propósito de alcanzar mayor aproxima-

mación en los reajustes a condición de que el número total de monomios, no exceda de ocho (8) y que los coeficientes de incidencia no sean inferiores a cinco centésimos (0.05).

Conocida la forma que debe adoptar la fórmula de reajuste y los índices de precios publicados por el CREPCO (Consejo de Reajuste de los Precios en la Construcción) a partir de los informes del Instituto Nacional de Estadística (INE) y de la Oficina Nacional de Estadística (ONE), los cuales publican los índices de precios cada mes.

Puesto que esto significa un análisis detallado por elementos considerados por separado, estos reajustes se tienen que hacer en obra y de acuerdo al avance en la programación de obra. De esta manera debo considerar un promedio global de reajuste que necesariamente debe reflejar la variación de precios en el país, en los últimos años se han presentado incrementos entre el 80% y 125% anual. De este modo considero un reajuste mensual global, sobre los precios del presupuesto base con bastante aproximación a la fórmula polinómica y se calcula con:

$$C_f = (1 + r)^n \cdot C_o$$

donde:  $C_f$  Costo al f-nal del tiempo de operación  
 $C_o$  Costo inicial o actual  
 $r$  Tanto por uno, tasa para el período de reajuste

n Número de períodos en que se divide el -  
tiempo de operación.

Se toma el tiempo de operación 1 año por lo general, a-  
sumiendo que para los 2 próximos años el  $C_f/C_o$  no baja  
rá de 1.8, además de pedir a los proveedores mantener -  
la estabilidad de sus precios por más de 1 mes todavía  
es tentativo y posible, por lo que la fórmula anterior  
aplicada a un reajuste mensual, se convierte en:

$$1.8 (1 + r)^{12}$$

donde: r Tasa mensual para reajuste de presupuestos -  
durante un año con 80% de interés acumulado.

despejando:

$$r = \sqrt[12]{1.8} - 1 = 0.05$$

lo que indica un reajuste mensual del 5% sobre el mes  
anterior.

#### 6.6. RESUMEN

El costo total de la instalación se resume en lo  
siguiente:

- Costo total de instalación de una subestación de 400 KVA con grupo auxiliar de emergencia de 100 KW	I/. 631,400
- Costo total de instalaciones de fuerza motriz de plantas 1 y 2	307,733
- Costo total de instalaciones de alumbrado de plantas 1 y 2.	105,570
COSTO TOTAL DE LA INSTALACION	I/. 1,044.703

## CONCLUSIONES

1. El presente proyecto de ampliación espera cubrir un período de 10 años, sin efectuar modificaciones de envergadura.
2. El mantenimiento de las instalaciones deberá programarse periódicamente, es conocido el hecho que un mantenimiento preventivo resulta más económico que el correctivo.
3. El aceite del transformador deberá revisarse por lo menos 2 veces al año, midiéndose la rigidez dieléctrica del mismo, la humedad del medio puede afectar, no es necesario cambiar, ya que drenando una parte pequeña y volviendo a llenar el nivel se recupera la rigidez normal.
4. El grupo de emergencia deberá trabajar por lo menos 1 hora por semana para mantener operativo y evitar a garrotamientos.
5. Es necesario tener personal calificado, como técnico electricista con 2 ayudantes eléctricos que tengan experiencia trabajando como operarios de tableros de control, exclusivamente para que realicen trabajos de mantenimiento eléctrico.
6. Las pruebas a realizarse, así como los trabajos de la instalación deberá contar con por lo menos 2 trabajadores de planta, participando y observando en ca



tos necesarios la ejecución de la obra; entrenando - de esta manera sus habilidades.

7. Se deberán observar las condiciones de garantía de - los contratistas y proveedores del equipo para efectuar los cambios necesarios en caso de falla en alguna parte de la instalación.
8. El taller de mantenimiento deberá contar con herramientas, instrumentos y los repuestos necesarios para realizar los trabajos respectivos.
9. Como podrá observarse al hacer el cambio inti/dolar, el costo total de la instalación es aproximadamente al estimado grueso hecho en la introducción.

## BIBLIOGRAFIA

1. Manual Standard del Ingeniero Electricista"  
A.E. KNOWLTON, Ed. Labor 1962.
2. "Manual del Montador Electricista"  
CROFT-CARR-WATT, Ed. Reverté 1969
3. "Código Eléctrico del Perú" - Edición 1976.
4. Estaciones Transformadoras y de Distribución"  
G. ZOPPETTI, Edit. Gustavo Gili S.A. 1966
5. Fundamentos de Instalaciones Eléctricas de Mediana  
y Alta Tensión"  
GILBERTO ENRIQUEZ, Ed. Limusa 1980.
6. "Análisis de Sistemas Eléctricos de Potencia"  
WILLIAM D. STEVENSON, Ed. Mc Graw-Hill 1962
7. Catálogos de Conductores Eléctricos.  
INDECO y PIRELLI.
8. Manuales de Alumbrado Público  
PHILLIPS, Ed. Paraninfo, Madrid 1983  
OSRAM, Ed. Dossat 4ta. Edición 1983
9. "Normas VDE 0100 de Protección Eléctrica"  
HORNIG-SCHENEIDER, Ed. Marcombo 1968
10. "Practical Grounding"  
Cooperweld Steel Company 1972.

11. "Guidelines for Electrical Specification"  
Review Electrical Construction and Maintenance  
Mayo 1976.
12. "Ingeniería Económica"  
GEORGE E. TAYLOR, Ed. Limusa 1968.