

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA



Equipamiento de la Planta de Tratamiento de Agua
Potable y Cámara de Desagüe de la Ciudad de Sullana

T E S I S

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRICISTA

José Gabriel Baella Servan

PROMOCION 1977 - 2

LIMA - PERU

1987

A LA MEMORIA DE MI
PADRE SR. DON
MANUEL A. BAELLA CASTAÑEDA
CUYO RECUERDO EJEMPLAR SE-
RA SIEMPRE LA BRUJULA DE
LUZ QUE ME SEÑALE EL MEJOR
CAMINO

A MI MADRE
MI MAESTRA
SIEMPRE...

A MI ESPOSA E HIJA
POR SU INVALORABLE
APOYO Y ESTIMULO
PERMANENTE

INDICE

| | Pág. |
|---|------|
| INTRODUCCION | 1 |
| CAPITULO 1: MEMORIA DESCRIPTIVA | 4 |
| 1.1 Antecedentes | 4 |
| 1.2 Objeto | 4 |
| 1.3 Alcances del Proyecto | 4 |
| 1.4 Características del área del Proyecto | 5 |
| 1.5 Descripción General de la Planta de Tratamiento de Agua Potable y Cámara de Bombeo de Desagues | 6 |
| | |
| CAPITULO 2: ESTUDIO DE LA MAXIMA DEMANDA | 11 |
| 2.1 Límites del Servicio | 11 |
| 2.2 Población y Período de Diseño | 11 |
| 2.3 Capacidad de Tratamiento de la Planta de Agua Potable | 14 |
| 2.4 Selección del Diámetro óptimo de las tuberías de impulsión y del equipo de bombeo | 17 |
| 2.4.1 De la planta de Agua Potable | 17 |
| 2.4.2 De la Cámara de Bombeo de Desagues | 32 |
| 2.5 Cálculo de la Demanda Máxima | 49 |
| 2.5.1 Planta de Agua Potable | 49 |
| 2.5.2 Cámara de Bombeo de Desagues | 51 |
| | |
| CAPITULO 3: CALCULO Y DISEÑO DE LOS EQUIPOS ELECTRICOS | 53 |
| 3.1 Sala de Bombas de la Planta de Agua Potable | 53 |
| 3.1.1 Tablero General de Distribución | 54 |

| | Pág. |
|--|------|
| 3.1.2 Tablero de Control de los Motores | 63 |
| 3.1.3 Cálculo de la Línea de Control de Nivel de Reservorio | 66 |
| 3.1.4 Cálculo y Diseño de los circuitos de Fuerza. Número óptimo de conductores por fase | 69 |
| 3.2 Cámara de Bombeo de Desagues | 84 |
| 3.2.1 Tablero General de Distribución | 84 |
| 3.2.2 Tablero de Control de los Motores | 92 |
| 3.2.3 Cálculo y Diseño de los Circuitos de Fuerza. Número Optimo de Conductores por Fase | 95 |
| 3.3 Sala de Dosificación y Galería de Filtros | 109 |
| 3.3.1 Tablero Eléctrico de Control de los Compresores | 110 |
| 3.3.2 Cálculo y Diseño del Circuito de Fuerza. Número Optimo de Conductores por Fase | 115 |
| 3.4 Alumbrado General de la Planta | 120 |
| 3.4.1 Generalidades | 120 |
| 3.4.2 Número de Equipos de Iluminación | 121 |
| 3.4.3 Circuito Eléctrico de Alumbrado | 121 |
| 3.5 Cálculo y Diseño de los Circuitos de Distribución en 220V | 125 |
| 3.5.1 Alimentador de la Sala de Bombas | 125 |
| 3.5.2 Alimentador de Viviendas | 126 |
| 3.5.3 Alimentador Laboratorio | 130 |
| 3.5.4 Alimentador Sala Dosificación y Galería de Filtros | 131 |

| | Pág. |
|--|------|
| CAPITULO 4: DISEÑO DEL SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA | 135 |
| 4.1 Línea de Transmisión | 135 |
| 4.1.1 Condiciones de Diseño | 135 |
| 4.1.2 Cálculos Eléctricos | 136 |
| 4.1.3 Cálculos Mecánicos | 144 |
| 4.2 Subestación de Transformación | 180 |
| 4.2.1 Cable de Alimentación | 180 |
| 4.2.2 Disyuntor de Potencia | 183 |
| 4.2.3 Barras de Alta Tensión | 184 |
| 4.2.4 Aisladores | 189 |
| 4.2.5 Seccionador de Fusible | 191 |
| 4.2.6 Transformador de Potencia | 192 |
| 4.2.7 Celdas de Alta Tensión | 192 |
| 4.2.8 Tablero de Conmutación | 194 |
| 4.2.9 Tablero de Distribución en Baja Tensión | 201 |
| 4.3 Central Diesel | 209 |
| 4.3.1 Potencia de la Central ~ Selección Grupo Electrógeno | 209 |
| 4.3.2 Tablero de Control | 218 |
| 4.3.3 Cálculo del Cable Alimentador del Grupo al Tablero de Conmutación | 219 |
| 4.3.4 Cimentación | 221 |
| 4.3.5 Tanque de Combustible | 222 |
| CAPITULO 5: ESPECIFICACIONES TECNICAS DE LOS EQUIPOS A USAR | 224 |
| 5.1 Sala de Bombas de la Planta de Agua | 224 |
| 5.1.1 Bombas | 224 |

| | Pág. |
|---|------|
| 5.1.2 Motor Eléctrico | 224 |
| 5.1.3 Tuberías de Succión | 225 |
| 5.1.4 Tubería de Descarga | 225 |
| 5.1.5 Válvula de Cierre | 226 |
| 5.1.6 Válvula de Retención Check | 226 |
| 5.1.7 Accesorios de Fierro Fundido | 227 |
| 5.1.8 Tableros Eléctricos | 228 |
| 5.1.9 Cables de Alimentación de la Sala de Bombas | 231 |
| 5.2 Cámara de Bombeo de Desagues | 232 |
| 5.2.1 Bombas | 232 |
| 5.2.2 Motor Eléctrico | 232 |
| 5.2.3 Tubería de Descarga en el Interior de la Cámara | 233 |
| 5.2.4 Tableros Eléctricos de Control | 233 |
| 5.2.5 Cables de Alimentación de la Cámara de Desagues | 237 |
| 5.3 Sala de Dosificación y Galería de Filtros | 238 |
| 5.3.1 Compresores | 238 |
| 5.3.2 Motor Eléctrico | 238 |
| 5.3.3 Tablero Eléctrico de Control de los Compresores | 239 |
| 5.3.4 Cable de Alimentación de los Compresores | 241 |
| 5.4 Grupo Electrónico | 242 |
| 5.4.1 Condiciones Generales de Trabajo | 242 |
| 5.4.2 Motor Diesel | 242 |
| 5.4.3 Alternador | 243 |

| | Pág. |
|--|------|
| 5.4.4 Repuestos | 244 |
| 5.4.5 Herramientas | 244 |
| 5.4.6 Placa de Base | 245 |
| 5.4.7 Tablero de Mando | 245 |
| 5.4.8 Tanques de Combustible | 246 |
| 5.4.9 Cables Eléctricos entre Tablero de Control del Grupo y el Tablero de Conmutación | 246 |
| 5.5 Subestación de Transformación | 247 |
| 5.5.1 Celdas de Llegada y Transformación | 247 |
| 5.5.2 Tablero de Conmutación | 250 |
| 5.5.3 Tablero de Distribución General en 440V | 251 |
| 5.5.4 Tablero de Distribución General en 220V | 253 |
| 5.5.5 Cable de Alimentación de la Subestación | 253 |
| 5.6 Líneas de Transmisión | 254 |
| 5.6.1 Normas aplicables | 254 |
| 5.6.2 Materiales de la Línea | 254 |
| 5.6.3 Especificaciones para el Montaje de la Línea | 260 |
| 5.7 Alumbrado Exterior de la Planta | 265 |
| 5.7.1 Artefactos de Iluminación | 265 |
| 5.7.2 Balastos | 265 |
| 5.7.3 Conductores | 265 |
| 5.7.4 Postes | 265 |
| CAPITULO 6; METRADO Y PRESUPUESTO | 266 |
| 6.1 Introducción | 266 |

| | |
|--|------|
| | Pág. |
| 6.2 Presupuesto | 267 |
| 6.3 fórmula Polinómica | 286 |
| CONCLUSIONES | 289 |
| APENDICE | 295 |
| BIBLIOGRAFIA | 301 |
| PLANOS DEL PROYECTO | |
| IEM - 01 Esquema General de la Planta | |
| IEM - 02 Diagramas Unifilares | |
| IEM - 03 Sala de Bombas de la Planta de Agua Potable | |
| IEM - 04 Cámara de Bombeo de Desagues | |
| IEM - 05 Casa de Fuerza | |
| IEM - 06 Línea de Transmisión | |
| IEM - 07 Detalle de Estructuras de la Línea de Transmisión | |

INTRODUCCION

A toda actividad corresponde un objetivo y en el presente caso la finalidad es el equipamiento electromecánico de la Planta de Tratamiento de Agua Potable y Cámara de Bombeo de Desagües, que viene a ser parte del Proyecto Integral de Agua Potable y Alcantarillado de la ciudad de Sullana.

El parámetro de partida para el dimensionamiento de todos los equipos es la demanda de agua de la ciudad, tanto en su uso doméstico como industrial.

De acuerdo a las normas existentes para los proyectos de agua potable y alcantarillado para localidades urbanas el período de diseño es de 10 años.

Actualmente la ciudad de Sullana cuenta con una planta de tratamiento de agua potable que resulta insuficiente para las necesidades de la población por ésta razón el Servicio Nacional de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado, SENAPA, programó dentro de su Plan Nacional de Agua Potable y Alcantarillado la ejecución de la obra.

Debido a que el servicio de agua potable es de vital importancia se tiene que cubrir todos los riesgos de falla en el suministro de energía eléctrica, es por eso que además del suministro de la Empresa de Energía se ha dotado de una Planta de Generación Eléctrica de emergencia de 750 kW.

En el presente proyecto se ha desarrollado entre otras cosas los siguientes temas:

- Descripción sucinta de las diferentes partes de que consta la Planta de Tratamiento de Agua y Cámara de Bombeo de Desagües
- Determinación de la máxima demanda de energía partiendo del diseño del diámetro óptimo de las tuberías de impulsión ya que la misma se abarata conforme disminuye el diámetro pero simultáneamente las pérdidas aumentan originando mayor consumo de energía para el bombeo, ésto nos ha conducido a calcular un diámetro óptimo.
- Cálculo y diseño de las Redes de Distribución Primaria en 440V acá se ha determinado el número óptimo de conductores por fase, al hacer el análisis observamos que una corriente determinada se le puede transportar por uno, dos, ó mas conductores, abaratándose la inversión conforme disminuye el calibre de los conductores, pero a medida que el conductor es mas delgado las pérdidas por efecto Joule aumentan, dando lugar a que exista un número óptimo de conductores por fase
- Diseño completo de una línea aérea en 10 kV
- Diseño de la subestación de transformación tipo caseta de 1000 kVA 10kV/440V-220V,60Hz

- Diseño de los diferentes tableros eléctricos, celda de llegada y transformación, tablero de conmutación, tablero de distribución, arrancadores estrella-triángulo.
- Selección de un Grupo Electrónico a fin de que pueda trabajar - en las peores condiciones de carga, así no deberá ser afectado por el arranque de los motores de inducción.
- Cálculo y Diseño de los Equipos de Bombeo
- Especificaciones Técnicas de los materiales y montaje
- Metrado y Presupuesto, y fórmula polinómica de reajuste de precios.
- Recomendaciones y conclusiones
- En el Apéndice se ha hecho la comparación técnico-económica entre la autogeneración de energía y la construcción de la línea de transmisión.

CAPITULO I

MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1 Antecedentes

La ciudad de Sullana en la actualidad se está sirviendo desde una pequeña planta de tratamiento que data de los años 30 la misma que ha sido constantemente reacondicionada a fin de satisfacer las necesidades de agua, pero en la actualidad ya se ha alcanzado su máxima capacidad, siendo de necesidad urgente su reemplazo por una planta moderna capaz de satisfacer las necesidades de agua hasta el año de 1995.

1.2 Objeto

El presente proyecto corresponde al estudio definitivo a nivel de ejecución de obra del equipamiento y alimentación de energía de la Planta de Tratamiento de agua potable y Cámara de Bombeo de desagües a fin de solucionar definitivamente el abastecimiento de agua potable de la ciudad de Sullana.

1.3 Alcance del Proyecto

El estudio comprende el cálculo y diseño de:

- a Diámetro óptimo de la tubería de impulsión
- b Demanda máxima de energía
- c Selección de los equipos de bombeo

- d Línea de transmisión en 10kV
- e Subestación de distribución
- f Central Diesel de Emergencia
- g Tableros de control y distribución
- h Circuitos de fuerza en 440V, número óptimo de cables - por fase.
- i Alumbrado externo de la planta
- j Metrado y presupuesto
- k Especificaciones técnicas de los materiales y equipos
- l Planos del Proyecto

1.4 Características del Area del Proyecto

Ubicación

La ciudad de Sullana es la capital de la provincia del mismo nombre, perteneciente al departamento de Piura en la costa norte del Perú, su situación geográfica está determinada por 4° 53' 28" de latitud sur y 81°01'09" de longitud Oeste de Greenwich.

Clima

El clima de la ciudad de Sullana es tropical, en verano la temperatura alcanza hasta 38°C y en invierno baja hasta 15°C en la noche, llueve solamente en estío y las lluvias son de poca duración pero intensas. Las grandes lluvias se presentan muy raramente, los últimos 70 años las mayores lluvias se han registrado en 1925 y 1983.

Topografía

La planta de tratamiento de agua potable y la cámara de desagües están ubicadas en la parte norte de la ciudad y la alimentación eléctrica es desde el patio de llaves de las Empresas Energía Electronorte ubicada al sur de la ciudad de Sullana, es decir la línea atravieza toda la ciudad, la misma que tiene una topografía típica de las ciudades costeñas.

Vías de Transporte

La carretera Panamericana norte a la altura del Km 1060 conecta a la zona del proyecto con la capital de la República.

Además por vía aérea se puede llegar hasta la ciudad de Piura - de donde dista 45 Km a través de la carretera Panamericana.

También se puede llegar desde el puerto de Paita a través de 50 Km de carretera asfaltada.

1.5 Descripción General de la Planta de Tratamiento de Agua Potable y Cámara de Bombeo de Desagües

La planta de tratamiento se ha diseñado para una capacidad de 690 L-P-S. y estará integrada por 3 unidades que funcionarán simultáneamente cada una tiene una capacidad de tratamiento de 230 LPS y están compuestas de las siguientes partes:

Captación

La fuente de abastecimiento es el canal Chira-Piura distante a 12 Km en la parte Nor-este de la planta desde donde por gravedad en una tubería de 24" de diámetro se conduce el agua hasta la planta.

Floculadores

En seguida el agua recorre una cámara en forma de serpentín - que favorece la formación de los grumos.

Sedimentadores

Los sedimentadores son estanques donde se produce el asentamiento de los grumos de alúmina y arcilla.

El agua procedente de los floculadores ingresa a los sedimentadores por el fondo de cada unidad, de aquí el agua se proyecta hacia los filtros.

Filtros

El último proceso que sufre el agua antes de su distribución es el filtrado que se realiza a través de una capa de arena contenida en 3 tolvas de 16 m² y 1 m de espesor con granos alrededor de 1 mm. de tamaño

El agua se infiltra a través de la capa de arena que retiene - partículas mil o más veces más pequeñas que los poros entre los granos de arena, produciendo una importante reducción en el contenido bacteriano del agua.

La salida de los filtros son regulados por sifones con admisión de aire parcial.

Cloración

A la salida de los filtros el agua recibe la cloración, final para destruir toda contaminación, que pueda haber quedado después de todos los procesos anteriores, y para dejar un residuo de cloro disponible como protección contra posibles contaminaciones en el transporte ó distribución.

Reservorio de Almacenamiento

Después de filtrada el agua se almacena en un reservorio de 4,000 m³ de capacidad y de aquí se bombea al reservorio elevado de 4,000 m³ desde el cual se reparte a los otros reservorios y en general a toda la ciudad.

Otras Partes de la Planta

Además de las partes descritas y que son inherentes al camino que sigue el agua también son parte de la planta las siguientes instalaciones.

Casa de Fuerza

Es la sala donde funcionará el grupo electrógeno de emergencia. Ya que el agua es un servicio de vital importancia se debe de cubrir todas las posibilidades de falla de las Empresas Eléctricas por lo tanto a la planta se le ha dotado de una central diesel equipada con un grupo electrógeno de 675 KW.

Sala de Bombas

La Planta de Agua está ubicada en la parte mas baja de la ciudad por lo tanto toda el agua producida se debe de bombear a un reservorio elevado en el cerro MAMBRE. La sala de bombas está equipada con 5 bombas de 170 L-P-S.

Sub-Estación de Transformación

Normalmente el abastecimiento de energía eléctrica proviene de Electronorte la que nos suministra energía eléctrica en 10 kV por lo tanto, en la planta se tiene que instalar una Sub-Estación de 1000 kVA.

Sala de Compresores

Como los filtros a causa del fango que retienen se llegan a colmatar, y para mantener su buen funcionamiento es necesario lavarlos con la inyección de flujo de agua y aire en sentido inverso al flujo normal, por lo tanto, cada unidad filtrante tiene su compresor.

Cámara de Desagues

Los desagues de la ciudad de Sullana deben de ser aprovechados en la agricultura pero antes se les debe de tratar en las lagunas de oxidación ubicadas en la parte norte de la ciudad.

Para ésto los desagues se recolectan en la cámara de desagues ubicada en las inmediaciones de la Planta de Tratamiento de agua potable y equipada con 4 electrobombas con una potencia instalada total de 374 kW.

CAPITULO II

ESTUDIO DE LA MAXIMA DEMANDA

2.1 Limites del Servicio

El estudio abarca una extensión de 1,519 hectáreas de acuerdo al area demarcada por el Plan Director de Sullana.

2.2 Población y Período de Diseño

La ciudad de Sullana es un centro agrícola de primer orden su población ha ido en crecimiento lento hasta 1,940 a partir del cual se observa un aumento en escala bastante fuerte, los datos disponibles son:

CUADRO 2.1

| AÑO | POBLACION |
|------|-----------|
| 1940 | 21,156 |
| 1961 | 86,928 |
| 1972 | 105,533 |
| 1981 | 147,721 |

Segun las normas para los proyectos de agua potable y alcanta
rillado destinadas a localidades urbanas recomienda que para
el diseño de las obras de ciudades de mas de 20,000 habitan -
tes se considera un período de 10 años.

Con éstos datos se calculo la población para los años 1985 y
1995 mediante el ajuste de mínimos cuadrados.

El principio de éste método es: Que la recta que mejor se a
justa a un conjunto de datos que muestra una ordenación de ten
dencia lineal es aquella para la cual la suma de los cuadra -
dos de los resíduos es mínima.

Se denomina resíduo a la diferencia entre un valor estimado y
un valor observado.

La aplicación del método de los mínimos cuadrados conduce a
la determinación de las constantes a y b de la ecuación de la
recta : $y = a + bx$, por medio de la utilización de dos e-
cuaciones llamadas normales:

$$\begin{aligned}\sum y &= na + b \sum x \\ \sum xy &= a \sum x + b \sum x^2\end{aligned}$$

en las que:

$$\begin{aligned}\sum y &= \text{Suma de los valores conocidos de } y \\ \sum x &= \text{Suma de los valores conocidos de } x \\ \sum xy &= \text{Suma de los productos de los valores simul} \\ &\text{táneos de } x \text{ y de } y.\end{aligned}$$

$\sum x^2$ = Suma de los cuadrados de los valores conocidos de x.

n = Número de puntos conocidos.

Los intervalos entre censos pueden o no ser constantes; aplicando ésta teoría a la determinación de la población futura - de la ciudad de Sullana obtenemos.

CUADRO 2.2

| PUNTO | AÑO | POBLACION | X | Y | XY | X ² |
|-------|------|-----------|------|---------|---------|----------------|
| 1 | 1940 | 21,156 | 1.0 | 21.156 | 21.156 | 1.0 |
| 2 | 1961 | 86,928 | 3.1 | 86.928 | 269.480 | 9.61 |
| 3 | 1972 | 105,533 | 4.2 | 105.533 | 443.240 | 17.64 |
| 4 | 1981 | 147,721 | 5.1 | 147.721 | 753.78 | 26.01 |
| TOTAL | | | 13.4 | 361.338 | 1487.25 | 54.26 |

$$\sum y = na + b\sum x \quad \text{====} \quad 361.338 = 4a + 13.4 b \quad (1)$$

$$\sum xy = a \sum x + b\sum x^2 \quad \text{====} \quad 1487.78 = 13.4a + 54.26b \quad (2)$$

$$y = a + bx \quad (3)$$

de (1) y (2)

$$a = \frac{\begin{vmatrix} 361.338 & 13.4 \\ 1487.78 & 54.26 \end{vmatrix}}{\begin{vmatrix} 4 & 13.4 \\ 13.4 & 54.26 \end{vmatrix}} = - 8.81$$

$$b = 29.594$$

(a) y (b) en (3)

$$y = - 8.81 + 29.594 x$$

$$\text{Luego para } 1981 \text{ — } x = 5.1 \text{ — } y = 142.120$$

$$1985 \text{ — } x = 5.5 \text{ — } y = 153.96$$

$$1995 \text{ — } x = 6.5 \text{ — } y = 183.55$$

La población calculada para los años 1985 es de 153,960 habitantes y para el año de 1995 será de 183,550 habitantes.

2.3 Capacidad de Tratamiento de la Planta de Agua Potable

En todo sistema de abastecimiento la cantidad de agua consumida varia continuamente en función del tiempo, las condiciones alimentarias y costumbres de la población. Hay meses sobre todo en verano que el consumo es mayor, por otro lado en un mismo mes existen días en que la demanda de agua asume valores mayores sobre los demás días.

Durante el día el caudal dado por una red pública varía continuamente, en las horas diurnas el caudal supera el promedio alcanzado valores máximos alrededor del mediodía, durante el periodo nocturno el consumo decae por debajo de la media presentando valores mínimos en las primeras horas de la madrugada.

Consumo Promedio Diario Anual (Qp)

Es el promedio de los consumos diarios durante un año de re

gistros su cálculo viene dado por la población servida en el período de diseño por la dotación adoptada.

$$Q_{pda} = \frac{\text{Dot} \times \text{Pob}}{86,400} \quad L = P.S$$

Donde: Dot = Dotación (lt/hb x día)

Pob = Población (número de habitantes)

Qpda = Consumo promedio (L-P.S)

Consumo Máximo Diario

El factor que mas influye en éste valor es el clima, la ciudad de Sullana tiene un clima cálido seco con una temperatura media de 28°C

Se afecta al consumo promedio por un coeficiente K_1 llamado coeficiente del día de máximo consumo y se obtiene de acuerdo a la siguiente expresión.

$$K_1 = \frac{\text{Consumo Máximo Diario}}{\text{Consumo Promedio Diario Anual}}$$

K_1 varía de país a país, el reglamento del ministerio de vivienda para los proyectos de agua potable considera entre 1.0 a 1.5, nosotros tomamos 1.3.

Dotación de Agua por habitante

Segun normas establecidas por el Ministerio de Vivienda es:

CUADRO 2.3

| POBLACION | CLIMA | |
|----------------------------|----------------|-------------------|
| | FRIO | TEMPLADO - CALIDO |
| De 2,000 a 10,000 hab. | 120 lt/hab/día | 150 lt/hab/día |
| De 10,000 a 50,000 hab. | 150 lt/hab/día | 200 lt/hab/día |
| Más de 50,000 hab. | 200 lt/hab/día | 250 lt/hab/día |

Para Sullana corresponde una dotación de 250 lt/hab/día

Capacidad de Tratamiento de la Planta de Agua

Dotación 250 lt/h/d

Período que abarca el proyecto 10 años

Población para 1985 153,960 hab.

Población para 1995 183,550 hab.

$$\text{Capacidad} = \frac{250 \text{ lt}}{\text{hab. día}} \times 183,550 \text{ hab} \times \frac{\text{día}}{86,400 \text{ seg.}}$$

$$\text{Capacidad} = 531.1 \frac{\text{lt}}{\text{seg.}}$$

Para cubrir las horas de punta del día de máximo consumo se
diseña para el consumo máximo diario o sea

$$Q \text{ diseño} = 1.3 \times Q_{md} = 1.3 \times 531.1 \frac{\text{lt}}{\text{seg}} = 690.436 \frac{\text{lt}}{\text{seg.}}$$

La capacidad de derivación es de 1200 LPS que es el doble de la capacidad de la Planta de Tratamiento.

Dosificadores

Para neutralizar la turbidez del agua es necesario eliminar toda materia suspendida que le dá el aspecto turbio y la hace inadecuada para muchos usos.

La materia suspendida en el agua está formada por material más o menos grueso que sedimenta con facilidad y está formado tambien por materia finamente dividida que constituyen partículas sumamente pequeñas que se mantienen en suspensión.

Para eliminar la materia coloidal y dejar al agua limpia es necesario interponer una acción química llamada coagulación y - que consiste en la adición de un "floculante" que al reaccionar con el agua forman compuestos muy voluminosos llamados flóculos que al caer por la fuerza de la gravedad arrastran las materias finamente divididas que encuentran a su paso.

En la planta se usa el sulfato de aluminio como agente coagu - lante, y el sulfato de cal para controlar el grado de acidez - del agua.

A los equipos encargados de hechar los reactivos al agua se les llama dosificadores ya sea de cal o de Alúmina segun sea el caso.

2.4 Selección Diametro Optimo de la tubería de Impulsión-Selección del Equipo de Bombeo

2.4.1 De la Planta de Agua Potable

Velocidad del Fluido

Segun normas y requisitos para proyectos de agua potable y alcantarillado del Ministerio de Vivienda y Construcción la velocidad mínima en tubería de impulsión será de 0.6 m/seg, y la velocidad máxima admisible será:

En tubos de cemento 3m/seg.

En tubos de asbesto cemento, acero 5 m/seg

Cálculo y Diseño de los Equipos de Bombeo

Número de Unidades de Bombeo

El número de unidades dependerá fundamentalmente del gasto de bombeo y de sus variaciones, debiendo además suponerse un margen de seguridad previendo equipos de reserva para atender situaciones de emergencia.

Resulta mas ventajoso aumentar el número de unidades - disminuyendo la capacidad individual pero dando mayor seguridad en la atención de reparaciones.

En la Tabla N° 2.4 observamos la comparación económica de las distintas alternativas.

ADT = 52.84m.

CUADRO 2.4

| Nº DE BOMBAS | CAUDAL L-P-S | TIPO BOMBA | EFICIENCIA | POTENCIA MOTOR | PRECIO BOMBA | PRECIO MOTOR \$ USA | PRECIO TOTAL \$ USA |
|--------------|--------------|---------------------|------------|----------------|--------------|---------------------|---------------------|
| 1 | 690.5 | - | - | - | - | - | - |
| 2 | 345.0 | 8x10x14 1740RPM | 79% | 230 | 1180 | 8010 | 9190 |
| 3 | 230 | 8x10x14L 1740RPM | 75 | 160 | 1180 | 6336 | 7516 |
| 4 | 173 | 8x10x14L 1740RPM | 70 | 150 | 1180 | 4575 | 5755 |
| 5 | 138 | 8x10x14L 1740RPM | 72 | 100 | 1800 | 3980 | 5780 |
| 6 | 115 | 6x10x18L 1740RPM | 78 | 77 | 1800 | 3500 | 5300 |
| 8 | 86 | E8-80 1740RPM | 70 | 65 | 1800 | 3200 | 5000 |

- No es posible usar un solo equipo ya que por su tamaño no existe en el mercado y se debe partir el caudal en 2, 3 ó mas equipos.
- De usar 2 ó 3 equipos, por seguridad del servicio se debe tener un equipo similar en reserva para atender situaciones de emergencia, lo que significa hacer una inversión muy fuerte para tener un equipo sin trabajar.
- A partir de 4 unidades de bombeo el costo por equipo es aproximadamente constante, pero a mas equipos de bombeo aumenta el número de accesorios a usar tales como: válvulas de pie, uniones dresser, válvulas check, válvulas compuerta, niples, etc.

Por éstos motivos el número optimo de bombas a usar es 4 más un equipo de reserva.

Cálculo del diámetro de la Tubería

Como la tubería a usar será de asbesto cemento el rango de velocidad permitido está comprendido entre 0.6 a 5 m/seg.

$$Q = V A \quad \text{====} \quad A = \frac{Q}{V}$$

Donde:

Q = Caudal

V = Velocidad

A = Area de la sección de la tubería

$$A = \pi \frac{D^2}{4}$$

D = Diámetro de la tubería

$$\frac{\pi D^2}{4} = \frac{Q}{V} \quad \text{====} \quad D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}}$$

Como el diámetro de las tuberías comerciales estan designadas en pulgadas, el caudal de las bombas está en lt/seg. y la velocidad en m/s.

$$D = 39.37 \sqrt{\frac{4Q \times 10^{-3}}{\pi V}}$$

Donde:

D = Diámetro de la tubería en pulg.

Q = Caudal en L-P-S = 690.5 L-P-S

V = Velocidad en m/seg.

CUADRO 2.5

| VELOCIDAD (M/S) | DIAMETRO CALCULADO (EN PULGADAS) | DIAM.TUB.COMERCIAL (PULGADAS) |
|-----------------|----------------------------------|-------------------------------|
| 0.6 | 47.657 | - |
| 1.0 | 36.915 | 36 |
| 1.5 | 30.141 | 30 |
| 2.0 | 26.102 | 24 |
| 2.5 | 23.347 | 24 |
| 3.0 | 21.313 | 20 |
| 3.5 | 19.732 | 20 |
| 4.0 | 18.457 | 18 |
| 4.5 | 17.402 | 18 |
| 5.0 | 16.509 | 16 |

Cálculo de las pérdidas en la tubería ó pérdidas Primarias

Las pérdidas en la tubería lo calculamos con fórmula - de HANZEN & WILLIAMS

$$h = \frac{L \cdot Q^{1.85}}{(0.0178 \times C \times D^{2.63})^{1.85}}$$

Donde:

h = Pérdidas en metros de agua (mH₂O)

C = Coeficiente para tubería eternit = 140

D = Diámetro en pulgadas

Q = Gasto en litros por segundo = 690.44 L-P-S

L = Longitud en metros = 545 m.

$$h = \frac{545 \times 690.44^{1.85}}{(0.0178 \times 140 \times D^{2.63})^{1.85}}$$

Para:

$$D = 36''$$

$$h = 0.482 \text{ m}$$

Para:

$$D = 30''$$

$$h = 1.17\text{m}$$

El cálculo para los otros diámetros están en la tabla 2.7

Cálculo de las Pérdidas en los Accesorios ó Pérdidas

Secundarias

La pérdida en los codos, reducciones, válvulas, , etc. lo calculamos con la fórmula $h = \frac{KV^2}{2g}$

Donde:

K = Coeficiente de pérdidas secundarias

K_1 = Coeficiente de resistencia para un codo

K_2 = Coeficiente de resistencia para una válvula de pie

K_3 = Coeficiente de resistencia para una válvula de compuerta.

K_4 = Coeficiente de resistencia para una válvula check

K_5 = Coeficiente de resistencia para una válvula de reducción.

K_6 = Coeficiente de resistencia para una válvula de ca
nastilla.

Para la tubería de 36", en la Tabla 2.6 se tiene que:

$$\frac{v^2}{2g} = \frac{1.052^2}{2(9.8)} = 0.0564$$

La pérdida Secundaria h será:

$$h = \frac{v^2}{2g} (7K_1 + 1K_2 + 1K_3 + 1K_4 + 2K_5 + 1K_6 + 1K_7)$$

$$h = 0.0564 [7 \times 0.20 + 0.8 + 0.03 + 2 + 2 \times 0.05 + 0.4 + 0.003]$$

$$h = 0.268$$

Las pérdidas para las demás tuberías están en el cuadro N° 2.7

CUADRO N° 2.6

| DIAM. PULG. | DIAM. mm | VELOCIDAD FLUJO m/s | $\frac{v^2}{2g}$ m | COEFICIENTE DE PERDIDAS SECUNDARIAS | | | | | | | |
|----------------|-------------|---------------------------|-----------------------|-------------------------------------|--------------------|----|----------------------------|------------------------|-----------------|-----------------------|------------------------|
| | | | | CODO K1 | VALV. PIE K2 | DE | VALVULA COMPUERTA K3 | VALVULA CHECK K4 | REDUCCION K5 | CANASTI. LLA K6 | UNION DRESSER K7 |
| 36 | 914.0 | 1.052 | 0.0564 | 0.20 | 0.8 | | 0.030 | 2 | 0.05 | 0.40 | 0.03 |
| 30 | 762.0 | 1.514 | 0.1670 | 0.20 | 0.8 | | 0.030 | 2 | 0.05 | 0.40 | 0.03 |
| 24 | 609.6 | 2.365 | 0.2850 | 0.20 | 0.8 | | 0.030 | 2 | 0.05 | 0.40 | 0.03 |
| 20 | 508.0 | 3.406 | 0.5910 | 0.20 | 0.8 | | 0.030 | 2 | 0.05 | 0.40 | 0.03 |
| 18 | 457.0 | 4.209 | 0.9030 | 0.22 | 0.8 | | 0.035 | 2 | 0.05 | 0.45 | 0.03 |
| 16 | 406.0 | 5.333 | 1.4500 | 0.23 | 0.8 | | 0.040 | 2 | 0.05 | 0.45 | 0.03 |
| N° | UNIDADES DE | ACCESORIOS | | 7 | 1 | | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 |

CUADRO N° 2.7

| DIAMETRO TUBERIA PULG. | PERDIDAS PRIMARIAS m H ₂ O | PERDIDAS SECUNDARIAS m H ₂ O | PERDIDA TOTAL m H ₂ O |
|------------------------------|---|---|--|
| 36 | 0.482 | 0.268 | 0.750 |
| 30 | 1.170 | 0.795 | 1.965 |
| 24 | 3.465 | 1.357 | 4.322 |
| 20 | 8.414 | 2.813 | 11.227 |
| 18 | 14.049 | 4.473 | 18.522 |
| 16 | 24.918 | 7.294 | 32.212 |

Costo de la Energía Perdida en la Tubería y Accesorios

Antes de calcular el costo debemos encontrar la energía equivalente (en KW-Hora) a la pérdida en m de agua dado en la Tabla 2.7 sabemos que:

$$P = \frac{\gamma QH}{76} \quad \text{HP}$$

Donde: Q = 690.44 LPS

H = Altura de pérdidas

γ = Peso específico del agua = 1

Para la tubería de 36" la pérdida en Kw será

$$P = \frac{1 \times 690.44 \times 0.75}{76} \quad \text{HP} \quad \frac{0.746 \text{ KW}}{1.32}$$

La energía será: E = Pt

Donde: t = Tiempo en horas

La energía perdida en 1 mes y en la tubería de 36 pulgadas será:

$$E = P \cdot 24 \times 30$$

$$E = \frac{690.44}{36} \times 0.7 \times 0.746 \times 24 \times 30 = 3,659.695 \text{ KWH}$$

En resumen la energía perdida en las demás tuberías está determinado por la fórmula

$$E = \frac{Q \times H \times 24 \times 30 \times 0.746}{76} \quad \frac{\text{KW-H}}{\text{mes}}$$

Donde:

Q = 690.44 LPS

H = Pérdida en m H₂O calculado en el cuadro 2.7

El cálculo de las pérdidas de energía en las demás tuberías está resumido en la Tabla 2.8

El costo Mensual de la Energía será:

Segun la tarifa 53 establecida por el Ministerio de Energía y Minas para las Plantas de Agua Potable de Servicio Público se tiene:

Mínimo 200 KW-h-mes \$ /mes 28,000

Exceso \$./KW-h 139.9

$$C = 200 \times 28,000 + (E - 200) \times 139.9$$

El costo en dolares al mes será:

$$C = (200 \times 28,000 + (E - 200) \times 139.9) \div 8,232$$

Para una tubería de 36" en la Tabla 2.8 se tiene - que $E = 3,659.695$

$$C = (200 \times 28,000 + (3,659.695 - 200) \times 139.9) \div 8,232$$

$$C = 739.07$$

En la Tabla 2.8 está resumido el costo de la energía en todas las tuberías.

Costo Anual de la Energía

Considerando una tasa de interes del 10% anual el costo de la energía en 1 año será

$$P = An + \frac{iA(n-1)}{2}$$

Donde:

A = Costo mensual

$$n = \text{Número de meses} = 12$$

$$i = \text{Tasa de interes} = 0.1$$

$$\text{El costo } P = A \times 12 + \frac{0.1 \times A(12-1)}{2}$$

$$P = 12A + \frac{1.1A}{2}$$

Para la tubería de 36" el costo anual será

$$P = 12 \times 739.07 + \frac{(1.1) 739.07}{2} = 9,275.3285$$

El costo de la energía en las demás tuberías está resumido en la tabla 2.8

CUADRO 2.8

| DIAMETRO TUBERIA PULG. | PERDIDA TOTAL m H ₂ O | PERDIDA TOTAL "E" EN KW-H | COSTO MENSUAL U.S \$ | COSTO ANUAL ENERGIA PERDIDA U.S. \$ |
|------------------------------|--|------------------------------------|----------------------------|---|
| 36 | 0.750 | 3,659.695 | 739.07 | 9,275.330 |
| 30 | 1.965 | 9,586.402 | 839.791 | 10,539.377 |
| 24 | 4.322 | 21,089.605 | 1,035.284 | 12,992.814 |
| 20 | 11.227 | 54,783.200 | 1,607.895 | 20,179.082 |
| 18 | 18.522 | 90,379.837 | 2,212.847 | 27,771.229 |
| 16 | 32.212 | 157,181.477 | 3,348.118 | 42,018.881 |

CUADRO 2.9

| DIAMETRO PULG. | COSTO UNITARIO \$/m | COSTO TOTAL \$/545m | ANUALIDAD \$ USA | COSTO EQUIPO ADICIONAL | ANUALIDAD EQUIPO ADICIONAL | COSTO TUBERIA + COSTO EQUIPO ADIC. | COSTO ANUAL PERDIDA DE ENERGIA |
|----------------|---------------------|---------------------|------------------|------------------------|----------------------------|------------------------------------|--------------------------------|
| 36 | 231.88 | 126,374.6 | 20,566.9 | 1,930 | 314.1 | 20,881 | 9,275.330 |
| 30 | 190.8 | 103,986 | 16,923.2 | 2,324 | 378.2 | 17,301 | 10,539.377 |
| 24 | 116.8 | 63,656 | 10,359.7 | 3,250 | 528.9 | 10,888.6 | 12,992.814 |
| 20 | 87.2 | 47,524 | 7,734.3 | 7,222 | 1,175.3 | 8,909.6 | 20,179.082 |
| 18 | 74 | 40,330 | 6,563.5 | 9,810 | 1,596.5 | 8,160.0 | 27,771.229 |
| 16 | 62 | 33,790 | 5,499.2 | 14,010 | 2,280 | 7,779.3 | 42,018.881 |

ANUALIDAD $A = P(10\%, 10) = P \frac{(1+i)^n i}{(1+i)^n - 1}$

Donde: P = Valor presente
 i = Tasa de interes 10%
 n = Número de años 10

Selección del Diámetro Optimo de la Tubería

Para poder determinar el diámetro óptimo de la tubería se debe tener en cuenta los siguientes conceptos

- La altura geodésica es la misma para todas las tuberías
- Las pérdidas primarias y secundarias son particulares para cada diámetro
- El costo de la tubería es mayor cuanto más gruesa es.
- La selección de la tubería se hace con la ayuda de dos curvas:
 - . Costo de tubería Vs diámetro
 - . Costo de pérdidas Vs diámetro

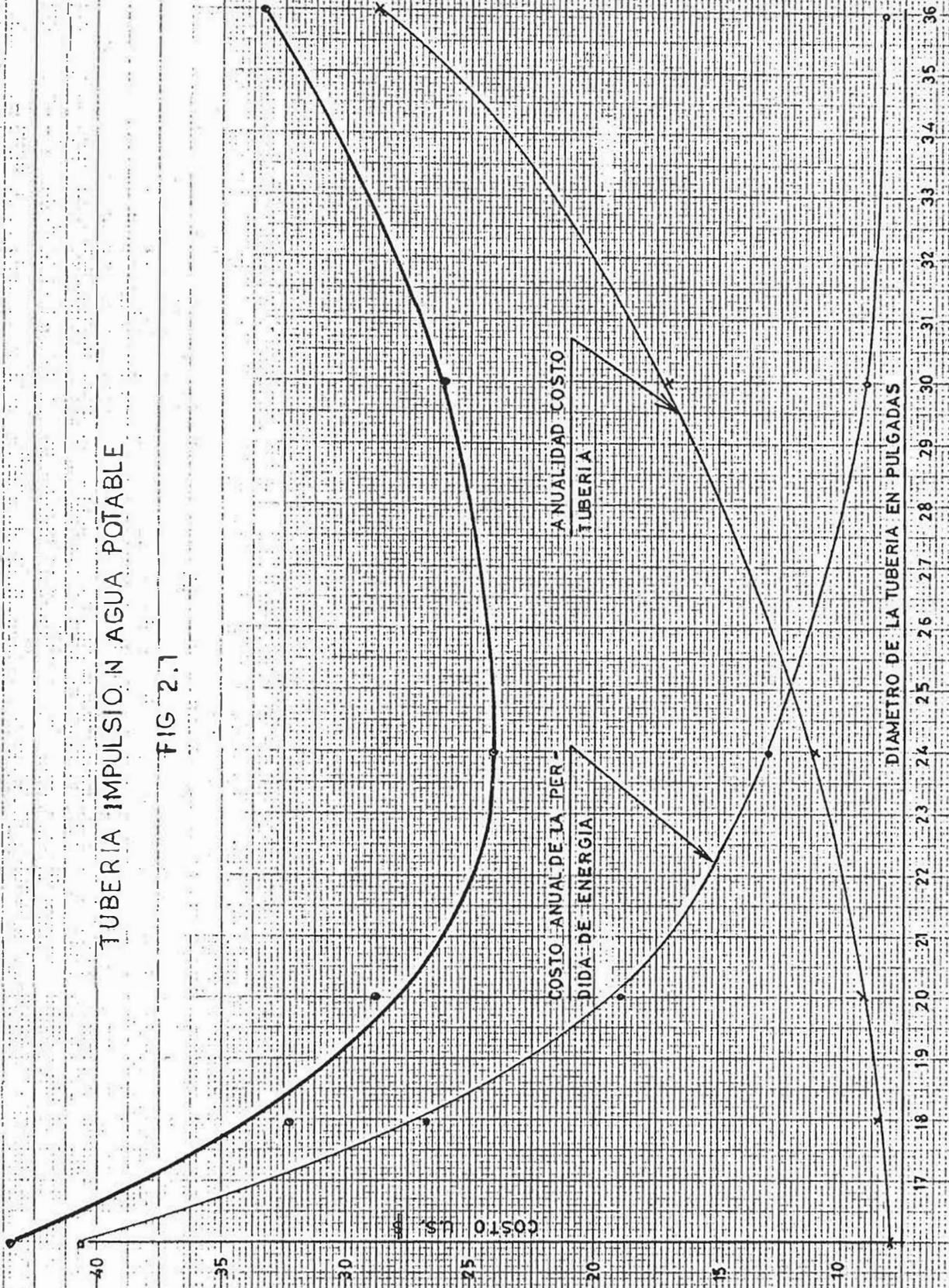
En la Tabla 2.9 se ha calculado el costo anual de cada tipo de tubería y a ésta cantidad se le ha sumado el costo del equipo adicional, este costo se refiere a la inversión que es necesaria hacer para la adquisición de un equipo mas grande de bombeo, originado por la altura de pérdidas y el caudal de 690.44 LPS.

Asi tenemos que una electrobomba de 690.44 LPS y una altura de 0.754 m cuesta U.S \$ 1930, otra de 690.44 LPS y 32.44 m de ADT cuesta U.S. \$ 14,010, el resumen de estos costos lo observamos en la Tabla 2.9

En la figura 2.1 observamos que la tubería óptima es de 24 pulgadas.

TUBERIA IMPULSION AGUA POTABLE

FIG 2.1



Determinación de la Altura Dinámica Total

Para calcular la altura dinámica total, ADT, se debe sumar a la altura estática las pérdidas de energía en la tubería a usar

$$ADT = H \text{ est.} + H \text{ pérdidas}$$

Donde:

H pérdidas para la tubería de 24" según el cuadro 2.7 es de 4.322m.

$$H \text{ estática} = 48.52$$

$$ADT = 4.322 + 48.52 = 52.84 \text{ m.}$$

Selección del Equipo de Bombeo

La bomba a usar será la que tenga un caudal de 170 LPS y una altura dinámica total (ADT) de 52.84 m. En el catálogo del fabricante nacional Hidrostaal seleccionamos la bomba 8 x 10 x 14L de 1740 RPM.

2.4.2 De la Cámara de Bombeo de Desagues

Velocidad del Fluido

Según las normas, para proyectos de agua potable y alcantarillado destinados a localidades urbanas, del Ministerio de Vivienda y construcción.

En el Cap. 3-II-IV-1.2 dice:

- La velocidad mínima será adoptada de acuerdo a los materiales en suspensión, pero en ningún caso será menor de 0.6 m/s en tubos de concreto.

- La velocidad máxima admisible será
En tubos de asbesto, cemento, acero, PVC 5 m/s

Cálculo y Diseño de los Equipos de Bombeo

Número de Unidades de Bombeo

El número de unidades de bombeo dependerá fundamentalmente del gasto de bombeo, debiendo suponerse un margen de seguridad y también equipos de reserva para atender situaciones de emergencia.

En el cuadro N° 2.10 observamos la comparación económica de las distintas alternativas.

El capítulo 3-II-II-7 de las normas y requisitos para proyectos de agua potable y alcantarillado dice:

3-II-II-7 Caudales de contribución al sistema de alcantarillado.

- Se considera que el 80% del caudal de agua potable consumida ingresa al sistema de alcantarillado. Para los efectos de la capacidad de diseño de dicho sistema, el porcentaje anterior se aplicará al caudal correspondiente al máximo anual de la demanda horaria de agua potable.

CUADRO N° 2.10

| N°DE BOMBAS | CAUDAL L-P-S | TIPO BOMBA | EFICIENCIA | POTENCIA MOTOR | PRECIO BOMBA \$ | PRECIO MOTOR \$ | PRECIO TOTAL EQUI- PO \$ |
|-------------|-----------------|---------------|------------|-------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------------------|
| 1 | 552.4 | I16D | 80 | 354HP | 1800 | 9,153 | 10,950 |
| 2 | 276.2 | I 6D-H | 80 | 177 | 1800 | 6,336 | 8,136 |
| 3 | 184.13 | H3DMH | 75 | 126 | 1800 | 4,575 | 6,375 |
| 4 | 136.1 | H8 DL | 75 | 93.12 | 1180 | 3,960 | 5,140 |
| 5 | 110.5 | H8 DL | 70 | 81.0 | 1180 | 3,433 | 4,613 |
| 6 | 92.1 | H5DLH | 80 | 59.6 | 1180 | 3,080 | 4,260 |
| 7 | 78.9 | F45 | 78 | 51.1 | 950 | 3,080 | 4,030 |
| 8 | 69.0 | F45 | 72 | 19.2 | 950 | 1,760 | 2,710 |

Analizando el Cuadro N°2.10 se deduce que el costo a partir de 4 equipos oscila alrededor de los 4,000 dolares - por seguridad del sistema se debe de tener, siempre, un equipo de reserva para atender situaciones de emergencia. Resulta mas ventajoso aumentar el número de unidades disminuyendo la capacidad individual, si usamos 1,2 ó 3 equipos, por seguridad del servicio se debe tener un equipo similar de reserva para atender situaciones de emergencia lo que significa hacer una inversión muy fuerte para tener un equipo sin trabajar.

Analizando el cuadro vemos que el número óptimo de equipos de bombeo es 4 mas un equipo de reserva.

Cálculo del Diámetro de la Tubería

Como la tubería a usar es de asbesto cemento el rango de velocidad permitido está comprendido entre 0.6 a 5 m/s.

$$Q = VA \quad \text{====} \quad A = \frac{Q}{V}$$

Donde:

Q = Caudal

V = Velocidad

A = Area de la sección de la tubería

$$A = \frac{\pi D^2}{4}$$

D = Diámetro de la tubería

$$\frac{\pi D^2}{4} = \frac{Q}{V} \quad D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V}}$$

Como el diámetro de las tuberías comerciales, están designadas en pulgadas, el caudal de las bombas está en L-P-S. y la velocidad en m/s, el diámetro estará determinado por la fórmula siguiente:

$$D = 39.37 \sqrt{\frac{4Q \cdot 10^{-3}}{\pi V}}$$

CUADRO 2.11

| VELOCIDAD (m/s) | DIAMETRO CALC. (PULG) | DIAMETRO TUB.COMER (PULGS) |
|-----------------|-----------------------|----------------------------|
| 0.6 | 42.63 | - |
| 1.0 | 33.02 | 36 |
| 1.5 | 26.96 | 24 |
| 2.0 | 23.35 | 24 |
| 2.5 | 20.88 | 20 |
| 3.0 | 19.06 | 20 |
| 3.5 | 17.65 | 18 |
| 4.0 | 16.51 | 18 |
| 4.5 | 15.56 | 16 |
| 5.0 | 14.76 | 16 |

Cálculo de las Pérdidas en la Tubería o Pérdidas Primarias

Las pérdidas en la tubería de impulsión lo calculamos - con la fórmula de HANZEN Y WILLIAMS.

$$h = \frac{L Q^{1.85}}{(0.0178 \times C \times D^{2.63})^{1.85}}$$

Donde:

C = Coeficiente para tubería de eternit = 140

D = Diámetro en pulgadas

L = Longitud de la línea de impulsión = 3,784m.

Q = Gasto en L-P-S = 552.4 L-P-S

$$h = \frac{3,784 \times 552.4^{1.85}}{(0.0178 \times 140 \times D^{2.63})^{1.85}}$$

Para D = 36" ===== h = 2.215 m

D = 30" ===== h = 5.377 m

El resumen de calculos esta en el Cuadro 2.13

Cálculo de las Pérdidas en los accesorios o Pérdidas Secundarias

La pérdida en los codos, reducciones, válvulas, etc. lo calculamos con la fórmula :

$$h = \frac{K V^2}{2g}$$

Donde:

K = Coeficiente de pérdidas secundarias

K1 = Coeficiente de resistencia para un codo

K2 = Coeficiente de resistencia para una válvula de pie.

K3 = Coeficiente de resistencia para una válvula de compuerta.

K4 = Coeficiente de resistencia para una válvula Check.

K5 = Coeficiente de resistencia para una reducción

K6 = Coeficiente de resistencia para una canastilla.

Previamente calculamos la velocidad del flujo en la tubería.

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q \times 4}{\pi D^2} \times 10^3 \frac{m}{s}$$

Donde:

Q = Caudal = 552.4 litros/seg

D = Diámetro tuberías en mm.

$$V = \frac{552.4 \times 4 \times 10^3}{\pi D^2}$$

Para: D = 914 mm = 36"

$$V = \frac{552.4 \times 4 \times 10^3}{\pi \times 9.14^2} = 0.842 \frac{m}{seg}$$

Analogamente calculamos la velocidad del flujo en las otras tuberías.

$$\text{Luego } \frac{v^2}{2g} = \frac{0.842^2}{2 \times 9.81} = 0.0361$$

La pérdida secundaria h será:

$$h = \frac{v^2}{2g} [8K1+K2+K3+K4+2K5+K6+K7]$$

$$h = 0.0361 \cdot [8 \times 0.2 + 0.8 + 0.03 + 2 + 2 \times 0.5 + 0.4 + 0.03]$$

$$h = 0.179$$

Las pérdidas Secundarias en las demas tuberías están en el Cuadro N°2.13

CUADRO N° 2.12

| DIAM. PULG | DIAM. mm. | VELOCIDAD FLUJO m/s | $\frac{v^2}{2g}$ m | COEFICIENTE DE PERDIDAS SECUNDARIAS | | | | | | |
|------------------------------|--------------|---------------------------|-----------------------|-------------------------------------|----------------------|--------------------------------|------------------------|-----------------|------------------|------------------------|
| | | | | CODO K1 | VALVULA PIE K2 | VALVULA COMPUER TA K3 | VALVULA CHECK K4 | REDUCCION K5 | CANASTILLA K6 | UNION DRESSER K7 |
| 36 | 914.0 | 0.842 | 0.0361 | 0.2 | 0.8 | 0.30 | 2 | 0.05 | 0.40 | 0.03 |
| 30 | 762.0 | 1.211 | 0.0747 | 0.2 | 0.8 | 0.30 | 2 | 0.05 | 0.40 | 0.03 |
| 24 | 609.6 | 1.893 | 0.183 | 0.2 | 0.8 | 0.30 | 2 | 0.05 | 0.40 | 0.03 |
| 20 | 508.0 | 2.725 | 0.378 | 0.2 | 0.8 | 0.30 | 2 | 0.05 | 0.40 | 0.03 |
| 18 | 457.0 | 3.368 | 0.578 | 0.22 | 0.8 | 0.035 | 2 | 0.05 | 0.45 | 0.03 |
| 16 | 406.0 | 4.267 | 0.928 | 0.23 | 0.8 | 0.040 | 2 | 0.05 | 0.45 | 0.03 |
| N° DE UNIDADES DE ACCESORIOS | | | | 7 | 1 | 1 | 1 | 2 | 1 | 1 |

CUADRO N° 2.13

| DIAMETRO TUBERIA PULG | PERDIDAS PRIMARIAS mH ₂ O | PERDIDAS SECUNDARIAS mH ₂ O | PERDIDA TOTAL mH ₂ O |
|-----------------------------|--|--|---------------------------------------|
| 36 | 2.215 | 0.179 | 2.394 |
| 30 | 5.377 | 0.371 | 5.748 |
| 24 | 15.925 | 0.908 | 16.833 |
| 20 | 38.667 | 1.875 | 40.542 |
| 18 | 64.562 | 2.991 | 67.553 |
| 16 | 114.510 | 4.881 | 119.391 |

Costo de la Energía Perdida en Tuberías y Accesorios

Antes de calcular el costo debemos encontrar la energía equivalente, en kW-hora, a la pérdida en m. de agua dado en el Cuadro N°2.14

Sabemos que:

$$P = \frac{rQH}{76} \quad \text{HP}$$

Donde:

$$Q = 552.4 \text{ litros/seg}$$

$$H = \text{Altura de pérdida en m de H}_2\text{O}$$

$$r = \text{Peso específico del agua}$$

Para la tubería de 36" la pérdida en KW-h será

$$P = \frac{1 \times 552.4 \times 2.394}{76} \text{ HP} \times \frac{0.746 \text{ KW}}{\text{HP}} =$$

La energía será:

$$E = P \times t$$

$$t = \text{Tiempo en horas}$$

$$\text{de trabajo} = 24 \times 30 \text{ h}$$

Luego la energía perdida en 1 mes y en la tubería de 36 pulgadas será

$$E = \frac{552.4}{76} \times 2.394 \times 0.746 \times 24 \times 30 \text{ KW} = 9,346.21 \text{KWh}$$

La energía perdida en las demás tuberías se calcula de idéntica forma y los resultados están en el cuadro siguiente:

CUADRO N° 2.14

| DIAMETRO PULG. | PERDIDA TOTAL m H ₂ O | PERDIDAS ENERGIA MENSUAL KW-HORA |
|-------------------|--|---|
| 36 | 2.394 | 9,346.21 |
| 30 | 5.748 | 22,440.27 |
| 24 | 16.833 | 65,716.27 |
| 20 | 40.542 | 158,276.55 |
| 18 | 67.553 | 263,727.88 |
| 16 | 119.397 | 466,104.17 |

El Costo Mensual de la Energía Perdida será:

Segun la tarifa 53 establecida por el ME para las plantas de Agua Potable de Servicio Público se tiene:

Consumo mínimo 200KW-H mes \$ mes = 28,000.00

Exceso \$ KW-h 139.90

$$C = 200 \times 28,000 + (E-200) \times 139.9$$

El costo en dolares al mes será:

$$C = (200 \times 28,000 + (E-200) 139.9) : 8,232$$

El cambio de U-S\$ 1 = S/. 8,232 es del mes de abril de 1985.

Para una tubería de 36" en la Tabla N°2.14 se tiene que

$$E = 9,346.21$$

$$\text{Luego } C = (200 \times 28,000 + (9,346.21 - 200) 139.9) : 8,232$$

$$C = 835.71 \text{ dolares.}$$

En el Cuadro N°2.15 están calculados los costos de las pérdidas de energía para todas las tuberías

CUADRO N° 2.15

| DIAMETRO PULG. | PERDIDAS ENERGIA MEN- SUAL KW - HORA | COSTO MENSUAL ENERGIA PERDI- DA | | COSTO ANUAL PERDIDA DE ENERGIA | |
|-------------------|---|---------------------------------------|----|--------------------------------------|----|
| | | U.S | \$ | U.S | \$ |
| 36 | 9,346.21 | 835.71 | | 10,488.16 | |
| 30 | 22,440.27 | 1,058.24 | | 13,280.91 | |
| 24 | 65,716.27 | 1,793.70 | | 22,510.94 | |
| 20 | 158,276.55 | 3,366.73 | | 42,252.46 | |
| 18 | 263,727.88 | 5,158.84 | | 64,743.44 | |
| 16 | 466,104.17 | 8,598.15 | | 107,906.78 | |

Costo Anual de la Pérdida de Energía

Considerando una tasa de interés del 10% anual el costo de la energía anual será:

$$P = An + \frac{i A (n - 1)}{2}$$

Donde:

A = Costo mensual

n = Número de meses = 12

i = Tasa de interés = 0.1

El costo
$$P = A \times 12 + \frac{0.1 \times A \times (12-1)}{2}$$

$$P = 12A + \frac{1.1 A}{2}$$

Para la tubería de 36" el costo anual será:

$$P = 12 \times 223.46 + \frac{1.1 \times 835.71}{2} = 10,488.16$$

En el Cuadro 2.15 están calculados los costos para las diversas tuberías

Selección del Diámetro Optimo de la Tubería

Para poder determinar el diámetro óptimo de la tubería se deben de tener en cuenta los mismos criterios que en el caso de la tubería de impulsión de agua.

En el Cuadro 2.16 se ha evaluado el costo total de cada tipo de tubería, luego se calcula la anualidad. En el mismo cuadro se ha considerado el mayor costo de los equipos debido a que a más pérdidas mas grande es el equipo necesario. Para poder hacer una comparación - anual de los costos tambien se ha calculado la anualidad correspondiente.

La selección de la tubería se hace comparando los dos gráficos siguientes:

- Costo de tubería - VS diámetro
- Costo de pérdidas VS diámetro

En la figura 2.2 observamos que la tubería óptima es la de 24 pulgadas.

TUBERIA DE IMPULSION DE DESAGUES

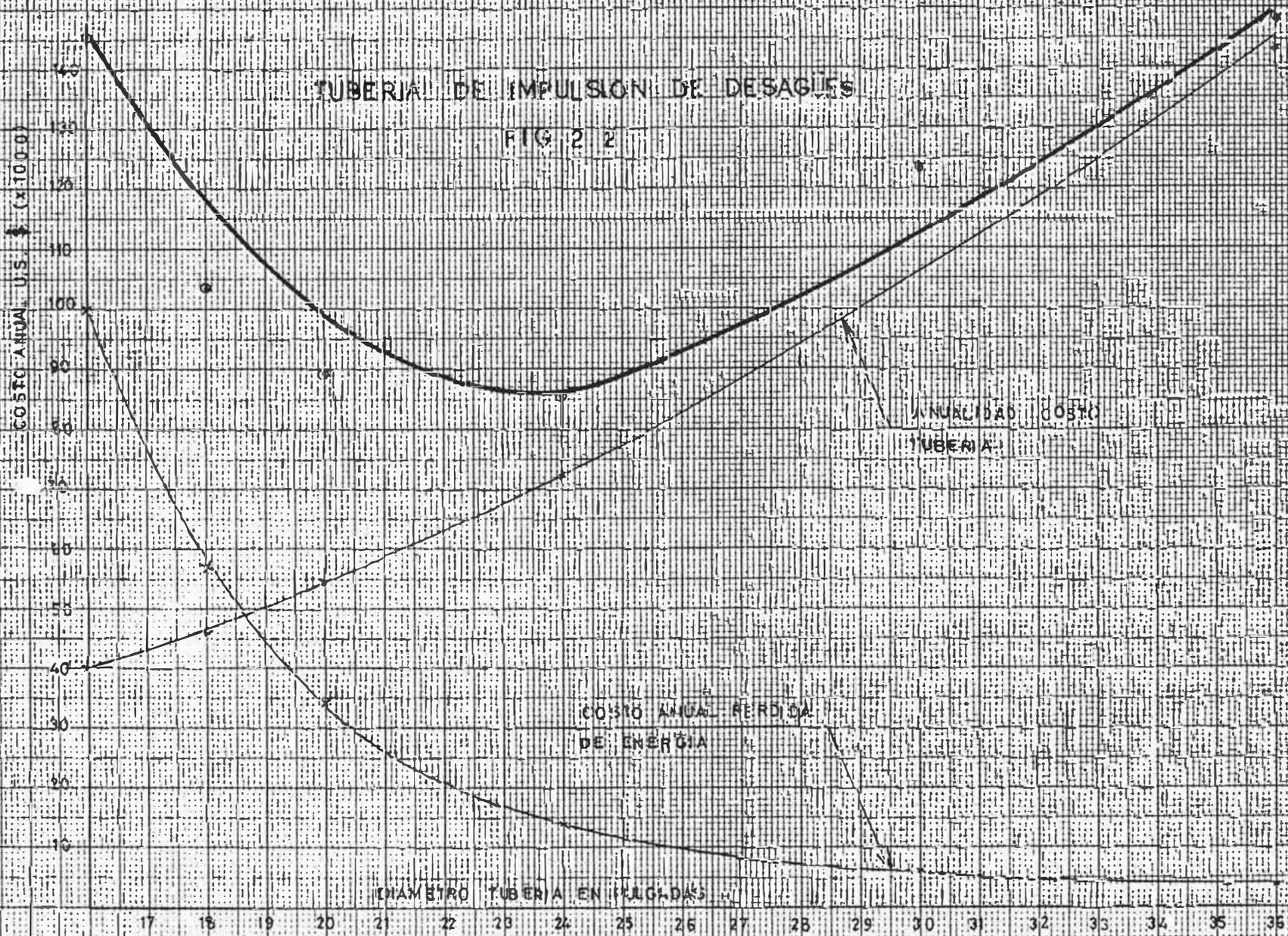
FIG 2 2

COSTO ANUAL U.S. \$ (x1000)

DIAMETRO TUBERIA EN PULGADAS

ANUALIDAD COSTO TUBERIA

COSTO ANUAL PERDIDA DE ENERGIA



Determinación de la Altura Dinámica Total

Para calcular la altura dinámica total (ADT) se debe de sumar la altura estática y la altura de pérdidas

$$ADT = H \text{ Estática} + H \text{ Pérdidas}$$

$$H \text{ Estática} = 22.51$$

H Pérdidas según cuadro 2.14, para una tubería de 24" = 16.833 m.

$$ADT = 39.34\text{m.}$$

Selección del Equipo de Bombeo

La bomba a usar será la que tenga un caudal de 136 LPS. y una ADT de 39.34m. En el catálogo del fabricante Nacional Hidrostaal seleccionamos la bomba para sólidos tipo 8HDL de 1740RPM.

CUADRO N° 2.16

| DIAMETRO PULG. | COSTO UNITARIO TUBERIA U.S.\$/m | COSTO TOTAL TUBERIA 3,784 m U.S.\$ | ANUALIDAD COSTO TUBERIA U.S.\$ | COSTO EQUIPO ADICIONAL U.S.\$ | ANUALIDAD EQUIPO ADICIONAL U.S. \$ | COSTO TUBERIA + COSTO EQUIP. ADICIONAL U.S. \$ | COSTO ANUAL PERDIDA ENERGIA U.S. \$ |
|-------------------|--|--|---|--|---|--|---|
| 36 | 231.88 | 877,433.9 | 142,798.3 | 1,445 | 235.17 | 143,033.5 | 10,488.16 |
| 30 | 190.80 | 721,987.2 | 117,500.1 | 1,710 | 273.29 | 117,773.3 | 13,280.91 |
| 24 | 116.80 | 441,971.2 | 71,928.8 | 2,545 | 414.19 | 72,342.9 | 22,510.94 |
| 20 | 87.20 | 329,964.8 | 53,700.3 | 5,140 | 836.51 | 54,536.8 | 42,252.46 |
| 18 | 74.00 | 280,016.0 | 45,571.3 | 6,730 | 1,095.28 | 46,666.8 | 64,743.44 |
| 16 | 62.00 | 234,608.0 | 38,181.4 | 9,180 | 1,494.00 | 39,675.4 | 107,906.78 |

2.5 Cálculo de la Demanda Máxima

2.5.1 Planta de Tratamiento de Agua Potable

Cargas para Fuerza

En el presente estudio se incluyen también aquellas cargas que están programadas en la etapa siguiente:

| | |
|--------------------------------------|--------------------------------|
| - Estación de bombeo de Agua Potable | |
| 5 Motores 150 HP c/u | -----750 HP $fd=0.80$ MD=600HP |
| - Sala de Dosificación | |
| 8 Motores 1.5 HP c/u | ----- 12HP $fd=0.5$ MD= 6HP |
| - Filtros | |
| 3 Motores 20HP c/u | ----- 6 0HP $fd =0.5$ MD=30HP |
| - Montacarga | |
| 1 Motor 5 HP | ----- 5 HP $fd=1$ MD = 5 HP |
| - Talleres | |
| Potencia Instalada | ----- 20HP $fd=0.5$ MD=10HP |
| - Laboratorio | |
| Potencia instalada | ----- 23HP $fd=0.4$ MD=9.2HP |

En Resumen:

$$PI = 830 \text{ HP} = 581 \text{ KW}$$

$$MD = 660.2 \text{ HP} = 462 \text{ KW}$$

Alumbrado y Tomacorrientes Interiores

- Oficinas de administración y Almacenes

$$\text{Area techada } 256.56 \text{ m}^2$$

- Viviendas

. Jefe de Planta

Area techada 179 m²

. Guardian

PI = 800 Watts

. Casa Huespedes

PI = 800 Watts

- Casa de Fuerza (talleres)

Area techada : 528.9 m²

- Galeria de Filtros

Area techada 296 m²

- Sala de Bombas

Area techada 129 m²

- Sala de Clorinación y Laboratorio

Area techada 75.44 m²

- Sala de Compresores

Area techada 55.5 m²

- Sala de Dosificación

Area techada 74.82 m²

Area techada total 1,595.22m²

Considerando una carga unitaria de 30 Watts/m² y como -
factor de demanda : 1 hasta 3000 Watts.

0.35 de 3000 a 117,000 Watts.

Potencia Máxima : $3000(1) + (159.22 \times 30 + 1600 - 3000)0.35$

Máxima Demanda : 19,259.81 Watts.

Alumbrado Exterior

$19 \text{ postes} \times 250 \frac{\text{Watts}}{\text{Poste}} = 5.5 \text{KW}$

Potencia instalada 5.5 KW, fs = 1

Máxima demanda alumbrado exterior = 5.5 KW

2.5.2 Cámara de Bombeo de Desagues

Cargas de Fuerza

- Bomba de sólidos

4 motores de 90HP ----- 360HP fd=0.75 MD=270HP

- Bomba Sumidero

1 motor 1.5HP ----- 1.5HP fd=1.0 MD = 1.5HP

En resumen:

PI = 361.5HP \equiv 269.7KW

MD = 271.5HP \equiv 202.6KW

Alumbrado y Tomacorrientes

- Alumbrado interior

Area techada $113 \text{ mt}^2 \times \frac{30 \text{ Watts}}{\text{mt}^2} = 3,390 \text{ Watts}$

PI = 3,390 MAX DEM = $3000(1) + 390(0.35) = 3,136.5 \text{ Watts.}$

- Alumbrado exterior

$2 \text{ postes}, 250 \frac{\text{Watts}}{\text{poste}} = 500 \text{ Watts}$

PI= 500 Watts fs = 1 M.D = 500 Watts.

Resumen

CUADRO N° 2.18

| C A R G A S | ' PI (KW) ' | ' M. D. (KW) ' |
|------------------------|-------------|----------------|
| Planta de Agua Potable | | |
| Cargas de Fuerza | 581.0 | 462.0 |
| Alumbrado interior | 41.76 | 19.3 |
| Alumbrado exterior | 5.5 | 5.5 |
| Cámara de desagües | | |
| Cargas de fuerza | 269.7 | 202.6 |
| Alumbrado interior | 3.39 | 3.14 |
| Alumbrado exterior | 0.5 | 0.5 |
| T O T A L | | 620.14 |

Como las demandas máximas de las diversas cargas no todas se presentan en el mismo instante se tiene que afectar por un factor de simultaneidad para encontrar la máxima demanda total, el factor considerado es de 0.95

$$\begin{aligned} \text{Máx. Demanda Total} &: [391.8 + 19.3 + 5.5 + 202.6 + \\ & 3.14 + 0.5] \cdot 0.95 = \\ & 589.133 \text{ KW.} \end{aligned}$$

CAPITULO III

CALCULOS Y DISEÑO DE LOS EQUIPOS ELECTRICOS

3.1 Sala de Bombas de la Planta de Agua Potable

Información Básica

- Tensión de alimentación en 440V
- Frecuencia 60 Hz
- Número de bombas a controlar 4
- Potencia de los motores 150HP
- Sistema de arranque Y/ Δ
- Forma de funcionamiento: manual automático

Consideraciones Generales de Diseño

En el diseño se ha tenido en cuenta los siguientes factores:

- La fabricación de los tableros de control se hará en Lima, por lo tanto el tamaño de los mismos debe de ser fácilmente transportable.
- Los accesorios y dispositivos a usar en la fabricación deben de ser conocidos y existentes en el mercado nacional, - esto facilitará el mantenimiento ya sea preventivo y/o correctivo.

3.1.1 Tablero General de Distribución

- Diagrama Unifilar

Plano IEM 02

- Interruptor General

Cálculo de la corriente de diseño

$$P N = 600 \text{ HP}$$

$$V N = 440 \text{ V}$$

$$\cos \phi = 0.89$$

$$n = 0.90$$

$$I_n = (600 \times 0.746) : (\sqrt{3} \times 0.44 \times 0.89 \times 0.9) = 549.93 \text{ A}$$

$$I_{\text{diseño}} = 1.25 I_n = 687.41$$

Cálculo de la Corriente de Cortocircuito

Inductancia

$$L = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{D_{eq}}{RMG}$$

Donde:

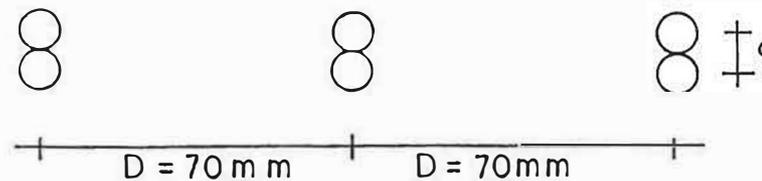
$$D_{eq} = \sqrt[3]{D_{12} \times D_{13} \times D_{23}}$$

D_{12}, D_{13}, D_{23} = Distancia entre las fases

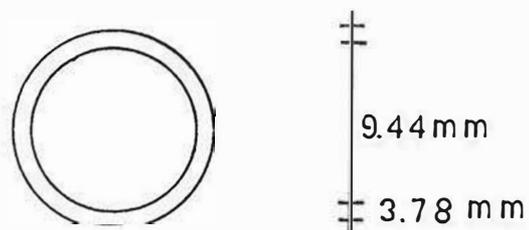
RMG = Radio medio geométrico de las fases

$$RMG = \sqrt{r^2 + d}$$

$$d = 17 \text{ mm.}$$



Cada uno de los conductores son de 70 mm^2 tipo NYY siendo sus dimensiones las siguientes:



Radio del conductor = 4.72 mm

Distancia entre centros de 2 conductores de una misma fase = $d = 17 \text{ mm.}$

$$D_{eq} = \sqrt[3]{2D} = \sqrt[3]{2} \times 70 = 88.194 \text{ mm}$$

$$RMG = \sqrt{r'd} = \sqrt{4.72 \times e^{-0.25} \times 17} = 10.15 \text{ mm}$$

$$L = 2 \times 10^{-7} \ln \left(\frac{88.194}{10.15} \right) = 4.3135 \times 10^{-7} \frac{\text{Hr}}{\text{m}}$$

Luego la reactancia será:

$$X = (2\pi \times 60) \times L = 377 \times 4.3135 \times 10^{-7} \frac{\Omega}{\text{m}} = 1.6262 \times 10^{-4} \frac{\Omega}{\text{m}}$$

$$\frac{\Omega}{\text{m}}$$

Como la longitud del conductor es de 60 m.

$$X = 1.6262 \times 10^{-4} \frac{\Omega}{\text{m}} \times 60 \text{ m} = 0.00976 \Omega$$

Esta reactancia referida al lado de alta tensión del transformador será:

$$X = (0.00976) \frac{10,000^2}{440^2} = 5.04 \Omega$$

Cálculo de la corriente de cortocircuito

$$I_{cc} = \frac{1.1 \times V_n}{\sqrt{3} Z_{tot.}}$$

$$Z_{tot} = Z_{línea.T.} + Z_{transf.} + Z_{cable} \\ = 4.287 \Omega + 4.5 \Omega + 5.04 \Omega = 13.827 \Omega$$

$$\frac{I_{cc}}{AT} = \frac{1.1 \times 10,000}{\sqrt{3} 13.827} = 459.308$$

$$I_{cc} \text{ en baja tensión} = 459.31 \frac{10,000}{440} = 14.274 \text{ KA}$$

Potencia de Ruptura

Corriente de Ruptura

$$I_r = \mu_r I_{cc}$$

Donde:

I_r = Corriente de ruptura

I_{cc} = Corriente de cortocircuito

μ_r = depende del retardo de la interrupción del circuito y de la relación I_{cc}/I_n , siendo I_n la corriente nominal a plena carga.

Los valores de μ_r se encuentran en la siguiente tabla

TABLA 3.1

| I _{cc} /I _n | RETARDO | DE INTERRUPCION |
|---------------------------------|-----------|-----------------|
| | > 0.25seg | ≈ 0.1 seg. |
| 1.5 | 1.0 | 1.0 |
| 2 | 0.95 | 0.98 |
| 3 | 0.83 | 0.90 |
| 4 | 0.76 | 0.84 |
| 6 | 0.68 | 0.78 |
| 9 | 0.63 | 0.74 |

Segun cálculos

$$\frac{I_{cc}}{I_n} = \frac{14.274KA}{549.93} = 25.96$$

En la tabla anterior $\mu_r = 0.74$

$$I_{ruptura} = (0.74) I_{cc} = (0.74)(14.274) = 10.563 \text{KA}$$

$$\begin{aligned} \text{Potencia de ruptura} &= \sqrt{3} V_n I_r = \sqrt{3} \times 440 \times 10.563 \text{KA} \\ &= 8.05 \text{ MVA} \end{aligned}$$

Interruptor Comercial

Con los datos obtenidos en los cálculos precedentes seleccionamos un interruptor termomagnético General Electric de las características siguientes:

Tensión de trabajo 600V

Corriente nominal 800A

Corriente de ruptura simétrica 10KA

Cálculo de las Barras de Cobre

Por efectos Mecánicos

Corriente de choque (ICH)

$$ICH = 1.8 \sqrt{2} I_{cc} = 1.8 \times \sqrt{2} \times 14.274 = 36.3357 \text{KA}$$

Fuerza Actuante sobre cada Barra

$$F = 2.04 \frac{ICH^2 l}{d} \times 10^{-8} \text{ Kg}$$

Donde:

ICH = Corriente de choque = 36.3357KA

l = Longitud de la barra = 70 cm

d = Distancia entre barras

$$d = 10 \text{cm} + \frac{1 \text{cm}}{\text{KV}} \times 0.44 \text{KV} = 14.4 \text{ .m.}$$

$$F = \frac{2.04 \times 36,335^2 \times 0.70 \times 10^{-8}}{0.144} = 130.93\text{Kg}$$

Momento de Flexión

$$M_b = \frac{PL^2}{8}$$

Donde: $P = \frac{F}{L}$

F = Fuerza que soporta la barra=130.93Kg

L = Longitud de la barra = 70cm.

$$M_b = \frac{FL}{8}$$

$$M_b = \frac{F \times L}{8} = \frac{130.92 \times 70}{8} = 1145.85 \text{ Kg-cm.}$$

Esfuerzo en la Barra(K)

$$K = M/W$$

Donde:

M = Momento de flexión

W = Momento resistente de la sección transversal de la barra.

$$W = \frac{1}{8} b h^2$$

Selección de la Barra

La corriente nominal que entra al tablero de distribución es de 549.93A es soportada por una barra de (40x10) mm., la misma que tiene una capacidad nominal de 750 Amp.

$$W = \frac{b h^2}{6}$$

$$W = \frac{1 \times 4^2}{6} = 2.67 \text{ cm}^3$$

Luego el esfuerzo en la barra será:

$$K = \frac{M}{W} = \frac{1145.55 \text{ Kg} \cdot \text{cm}}{2.67 \text{ cm}^3}$$

$$K = 429.05 \text{ Kg/cm}^2$$

Como el esfuerzo de trabajo máximo permisible en una barra de cobre es de $1200 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$ la barra elegida es la corr_{ec}ta.

Cálculo de la Barra por Resonancia

La frecuencia propia de las barras i.o debe estar comprendido en los intervalos siguientes:

$$\langle 54,66 \rangle \quad , \quad \langle 408,132 \rangle$$

$$f = 112 \sqrt{\frac{E \times J}{g l^4}} \text{ c/seg.}$$

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

$$g = \text{Peso de la barra } 0.0356 \text{ Kg/cm.}$$

$$J = \text{Momento de inercia de la sección en cm}^4$$

$$J = \frac{b^3 h}{12} = \frac{1^3 \times 4}{12} = 0.333 \text{ cm}^4$$

$$l = \text{Longitud de la barra } 70 \text{ cm.}$$

$$f = 112 \times \sqrt{\frac{125 \times 10^6 \times 0.333}{0.0356 \times 70^4}} \text{ c/seg} = 78.16 \text{ c/seg.}$$

Cálculo de la Barra por efecto Térmico

La sobre elevación de la temperatura está dado por la fórmula siguiente:

$$\theta = \frac{K}{S^2} I_d^2 (t + At) \text{ C}; \quad At = \left(\frac{I_{CC}}{I_d} \right) T$$

Donde:

θ = Sobre elevación de la temperatura en °C se admite 180°C para barras de cobre desnudo.

K = Constante del material, cobre = 0.0058

S = Area de la sección de la barra 400 mm²

I_d = Corriente de cortocircuito estacionario

t = Tiempo de duración del cortocircuito

$$At = \left(\frac{I_{CC}}{I_d} \right) T$$

I_{CC} = Corriente de cortocircuito

T = Constante que depende del tipo de falla, 0.3 para el caso de un cortocircuito tripolar

Se asume que:

- No hay cesión de calor al ambiente
- El calor específico del material es constante

$$\theta = \frac{0.0058}{400^2} \times I_d^2 (0.2 + At)$$

Cálculo de la Corriente de Cortocircuito Estacionario

$I_d = \mu_d I_{cc}$, μ_d depende de la selección I_{cc}/I_n , en nuestro caso $I_{cc} = 14.274KA$ $I_n = 549.93A$

$$\frac{I_{cc}}{I_n} = 25.96$$

TABLA 3.2

| I_{cc}/I_n | μ_d con $\cos \phi = 0.8$ |
|--------------|-------------------------------|
| 2 | 0.65 |
| 4 | 0.52 |
| 5 | 0.47 |
| 6 | 0.44 |
| 7 | 0.41 |

Tomamos $\mu_d = 0.41$.

$$I_d = \mu_d I_{cc} = (0.41) 14.274KA = 5.852KA$$

$$\Delta t = \left(\frac{I_{cc}}{I_d}\right) T = \left(\frac{25.96}{5.852}\right) 0.3 = 1.33$$

$$\theta = \frac{0.0058}{400^2} 5,852^2(0.2 + 1.333) = 1.903 \text{ } ^\circ\text{C}$$

La temperatura final será: Temp. trabajo + sobreelevación.

$$\text{Temperatura final } 70 + 1.90 = 71.93 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Instrumento de Medición

- Transformador de corriente para baja tensión, 440V,

Ilínea = 549.93A, relación de transformación 600/5 -
clase 1

- Conmutador amperímetro R-S-T-0
- Amperímetro escala 0-600
- Base tripolar DZ-25 para fusibles de protección de
voltímetro con fusibles de 2A
- 2 transf de tensión relación de transf 440/220 clase
1.0, 50W
- Conmutador voltimétrico RS-ST-TR-D
- Voltímetro con escala 0-600 Voltios
- 1 Kilovatímetro para trifásico con bobina de corrien
te de 5A, bobina de tensión 220V.
- Frecuencímetro de lenguetas vibrantes con escala 57-
63HZ, 220V
- Lámparas de señalización de tensión.

3.1.2 Tableros de Control de los Motores

Diagrama Unifilar Plano IEM 02

Cálculo del interruptor de cada motor

$$I_n = \frac{150\text{HP} \times 0.746}{\sqrt{3} \times 0.44 \times 0.89} = 164.97 \text{ Amp.}$$

$$I_{\text{diseño}} = 1.25 I_n = 1.25 \times 164.97 = 206.2\text{A}$$

$$\text{Corriente de cortocircuito} = 14.274\text{KA}$$

$$\text{Corriente de choque} = 1.8 \sqrt{2} \quad I_{\text{cc}} = 36.336\text{KA}$$

$$\text{Corriente de apertura} = 10.563\text{KA}$$

Con éstos datos en los catálogos respectivos escogemos al interruptor Termomagnético General Electric. Tipo - TFJ de las siguientes características:

- . Corriente de trabajo 225A
- . Tensión de trabajo 460V
- . Corriente de Apertura Simetrica 10 KA

Cálculo del Seccionador

$I_{línea} = I_n = 164.97A$

$I_{diseño} = 1.5 I_n = 1.5 \times 164.971 = 247.5A$

Se usarán bases portafusibles de 250 Amp. con fusibles de 200 Amp.

Arrancador Estrella Triángulo

En la puesta en tensión de un motor, éste absorbe una gran intensidad de la red y puede, sobre todo si la sección de la línea de alimentación es insuficiente provocar una caída de tensión susceptible de afectar el funcionamiento de los receptores, para arrancar nuestros motores usaremos el sistema de arranque estrella-triángulo. El que consiste en arrancar el motor conectando sus devanados en estrella y luego de adquirir cierta velocidad se conectan en triángulo.

Este sistema de arranque además de ofrecer la ventaja de la reducción de la corriente a un 58% de la corriente nominal, no necesita de equipo adicional para redu

cir el voltaje con lo cual se obtienen bajos costos y elevada confiabilidad.

Contactor Principal

$$I_{\text{diseño}} = \frac{1.25 I_n}{\sqrt{3}} = \frac{1.25 \times 164.97}{\sqrt{3}} = 119 \text{ Amp.}$$

Contactor para la Conexión Triángulo

Identico al contactor principal, ya que ambos son recorridos por la misma corriente.

$I_d = 119\text{A}$, 440V, 60 Hz, Trifásico

Contactor para Conexión Estrella

$$I_{\text{diseño}} = \frac{I_{\text{contactor en triángulo}}}{\sqrt{3}} = 69 \text{ Amp.}$$

$I_{d\gamma} = 70 \text{ Amp}$, 440V, 60Hz, trifásico

Relee Térmico

$$I_{\text{n relee}} = \frac{I_{\text{nominal línea}}}{\sqrt{3}} = \frac{164.97}{\sqrt{3}} = 95.24 \text{ Amp.}$$

$I_{\text{nominal relee}} = 95 \text{ Amp}$, con regulación de 80-110 Amp.

Instrumentos de Medición

- 2 transformadores de corriente para baja tensión, 440V
 $I_e = 64.6 \text{ Amp.}$, relación de transformación 100/5 clase 1.0

- Conmutador amperimétrico R-S-T-0.
- Amperímetro 0- 100 Amp.
- Base tripolar DZ-25 para fusibles de protección de -
circuito voltimétrico, con fusibles de 2A
- 2 transformadores de tensión 440/220, clase 1, 50W
- Conmutador voltimétrico RS-ST-TR-0
- Voltímetro con escala 0-600 Voltios
- Kilovatímetros trifásicos de escala 0-200KW con
Bobina de corriente de 5 A
Bobina de tensión de 220V
- Horómetro,
- Luces de señal de funcionamiento normal y parada por
accionamiento de rele.
- Control de nivel de líquidos por electrodos.

El control de nivel de líquidos se hará mediante un re-
lee electrónico y como accesorios los electrodos necesa
rios sumergidos en el agua del reservorio y/o tanque -
cisterna.

El equipo funciona como emisor de señales que hay nece-
sidad de llevar desde el reservorio elevado hasta la es-
tación de bombeo de agua.

3.1.3 Cálculo de la Línea de Control de Nivel del Resorvorio.

- . Longitud de la línea 600 mt.
- . Tensión 24 voltios.

- Número de conductores 6
- Tipo de conductores : Cable central
- Formación : $7 \times 2.5 \text{ mm}^2$
- Diámetro del conductor 1.8 mm.
- Espesor del aislamiento 11.14 mm.
- Espesor cubierta 1.52 mm
- Diámetro exterior 16.0 m
- Peso 375 Kg/Km
- Corriente nominal 15A

Cálculo de la Resistencia de la Línea

$$R_{20} = 0.0176 \frac{L}{S}$$

Donde:

L = Longitud de la línea = 600 mts.

S = 2.5 mm^2

$$R_{20} = 0.0176 \times \frac{600}{2.5} = 4.224$$

$$R_{70} = R_{20} \left[1 + 0.00393 (t_f - 20) \right]$$

$t_f = 70^\circ\text{C}$

$$R_{70} = 5.054$$

Asumiendo una carga de 800 se tiene que la resistencia equivalente será de 805.054 lo que origina una corriente de:

$$J = \frac{V}{R} = \frac{24}{805.054} = 0.0298A = 30mA$$

La que es suficiente para producir la excitación del re
lee que como mínimo necesita 6 mA.

3.1.4 Cálculo y Diseño de los Circuitos de Fuerza de la Sala de Bombeo de la Planta de Agua

Corriente del Cable Alimentador de la Sala de Bombas

Carga instalada: 4 motores de 150HP mas un equipo de reserva para probables fallas

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} V \cos \phi} = \frac{150 \times 0.746}{\sqrt{3} \times 0.44 \times 0.89} = 164.978$$

Los conductores para alimentar dos ó mas motores deben de ser de calibre suficiente para una corriente no menor del 125% de la corriente a plena carga del motor de mayor potencia del grupo mas la suma de las corrientes a plena carga de los demas motores.

Cuando los motores no funcionan simultáneamente a plena carga podrá aplicarse el factor de demanda correspondiente.

$$I = 1.25(164.978)+164.978+164.978+164.978=701.157$$

Longitud del Cable

Este cable es el que alimenta a la sala de bombas y tiene una longitud de 75m. desde la casa de fuerza hasta la sala de bombas.

Factores de Corrección

Corrección por Temperatura del Terreno

Como el cable va enterrado directamente, según la tabla 2- XXX del Código Nacional de Electricidad $K1 = 0.96$ para una temperatura del suelo de 25°C .

Corrección por Resistividad Térmica del suelo

La composición del suelo donde está ubicada la planta es de arena y arcilla con piedras pequeñas semihúmedo correspondiéndole una resistividad de $120^{\circ}\text{C} \times \text{cm/Watt}$ lo que según la Tabla 2 XXXII del CNE le corresponde $K2 = 0.92$

Factor de Corrección de la Capacidad de Corriente Relativos a la proximidad de otros Cables tendidos bajo el suelo

La disminución de la capacidad de corriente es ocasionada por el calentamiento mutuo entre cables. El efecto es mayor mientras más próximos estén los cables y mientras mayor sea el número de ellos. Según la Tabla 2XXXIV del C.N.E. $K3 = 0.82$

Corriente de Diseño

$$I = \frac{I_n}{K1, K2, K3} = \frac{701.157}{0.96 \times 0.92 \times 0.82} = 968.15$$

Número Óptimo de Conductores por Fase

Cuanto mas conductores por fase se use menor es el costo pero la resistencia (por lo tanto, las pérdidas por efecto Joule) aumentan y la capacidad de transporte disminuye a causa del agrupamiento de los cables. A continuación se calcula el número óptimo de conductores por fase

Como la comparación entre el costo de pérdidas por efecto Joule y el costo del cable es anual calculamos la inversión anual para adquirir el cable en 10 años.

$$A = \frac{P (1 + i)^n}{(1 + i)^n - 1}$$

Donde:

P = Préstamo para la adquisición del cable

A = Anualidad o costo anual

i = Tasa de interés anual del préstamo

n = Número de años

CUADRO N° 3.3

| N° DE CABLES POR FASE | CORRIENTE DE DISEÑO AMP. | S mm ² | LONGITUD CABLE m | COSTO POR m | COSTO TOTAL CABLE U-S -\$ | ANUALIDAD CABLE U-S \$ |
|-----------------------|--------------------------|-------------------|------------------|-------------|---------------------------|------------------------|
| 1 | 968.15 | - | 225 | - | - | - |
| 2 | 484.72 | 185 | 450 | 18.050 | 8,122.5 | 1321.0 |
| 3 | 322.72 | 120 | 675 | 13.263 | 8,952.5 | 1456.0 |
| 4 | 242.04 | 70 | 900 | 8.132 | 7,318.8 | 1191.0 |

Luego calculamos el costo de la pérdida de energía por efecto Joule al año.

$$E = (I^2 R) \times 24 \times 30 \times 12 \text{ KW Hora}$$

En el Cuadro 3.4 estan los valores para cada tipo de conductores

TABLA N° .3.4

| N° CABLES POR FASE | CORRIEN. NOMINAL POR CA BLE (AMP) | RESISTEN. UNITARIA /Km | LONGITUD TOTAL BLE m | RESITEN. TOTAL CA | I ² R KW | ENERGIA PERDIDA AL AÑO KW-HORA |
|-----------------------|--|------------------------------|-------------------------------|-------------------------|------------------------|---|
| 1 | - | - | 225 | - | - | - |
| 2 | 350.578 | 0.116 | 450 | 0.0522 | 6.42 | 55,468.8 |
| 3 | 233.719 | 0.179 | 675 | 0.1210 | 6.61 | 57,110.4 |
| 4 | 175.289 | 0.313 | 900 | 0.2817 | 8.66 | 74,822.4 |

En seguida calculamos el costo de la energía pérdida a causa del efecto Joule.

De acuerdo a la tarifa establecida por el M-E-M se tiene:

Para Electrobombas para Servicio Público de Agua Potable y Desague.

Mínimo 200 KWh mesS/.mes 28,000.00

Exceso S/.KWh 139.90

El costo de la energía anual en dólares, considerando el cambio de U.S.1 \$ = S/. 8,232.

$$C = 12 \left[28,000 + \left(\frac{E}{12} - 200 \right) \times 139.9 \right] : 8,232$$

Donde E es la energía en KWH calculado en la Tabla 3.4

CUADRO N° 3.5

| 'N° CABLES POR FASE | 'COSTO ENERGIA PERDIDA AL AÑO U. S. \$ | 'COSTO CABLE + COSTO ENERGIA PERDIDAS U. S. \$ |
|---------------------|--|--|
| 1 | - | - |
| 2 | 942.70 | 2,263.7 |
| 3 | 970.60 | 2,426.6 |
| 4 | 1,271.61 | 2,662.6 |

En los Cuadros N°s. 3,4 y 5 anteriores observamos que:

- No es posible el uso de un solo conductor por fase ya que la corriente es demasiado grande
- El número óptimo de cables por fase es dos, además - ofrece la ventaja de que la obra puede ejecutarse en dos etapas lo que reduce la inversión inicial de la obra.
- En consecuencia para la alimentación de la cámara usamos dos conductores de 185 mm² NYY por fase.

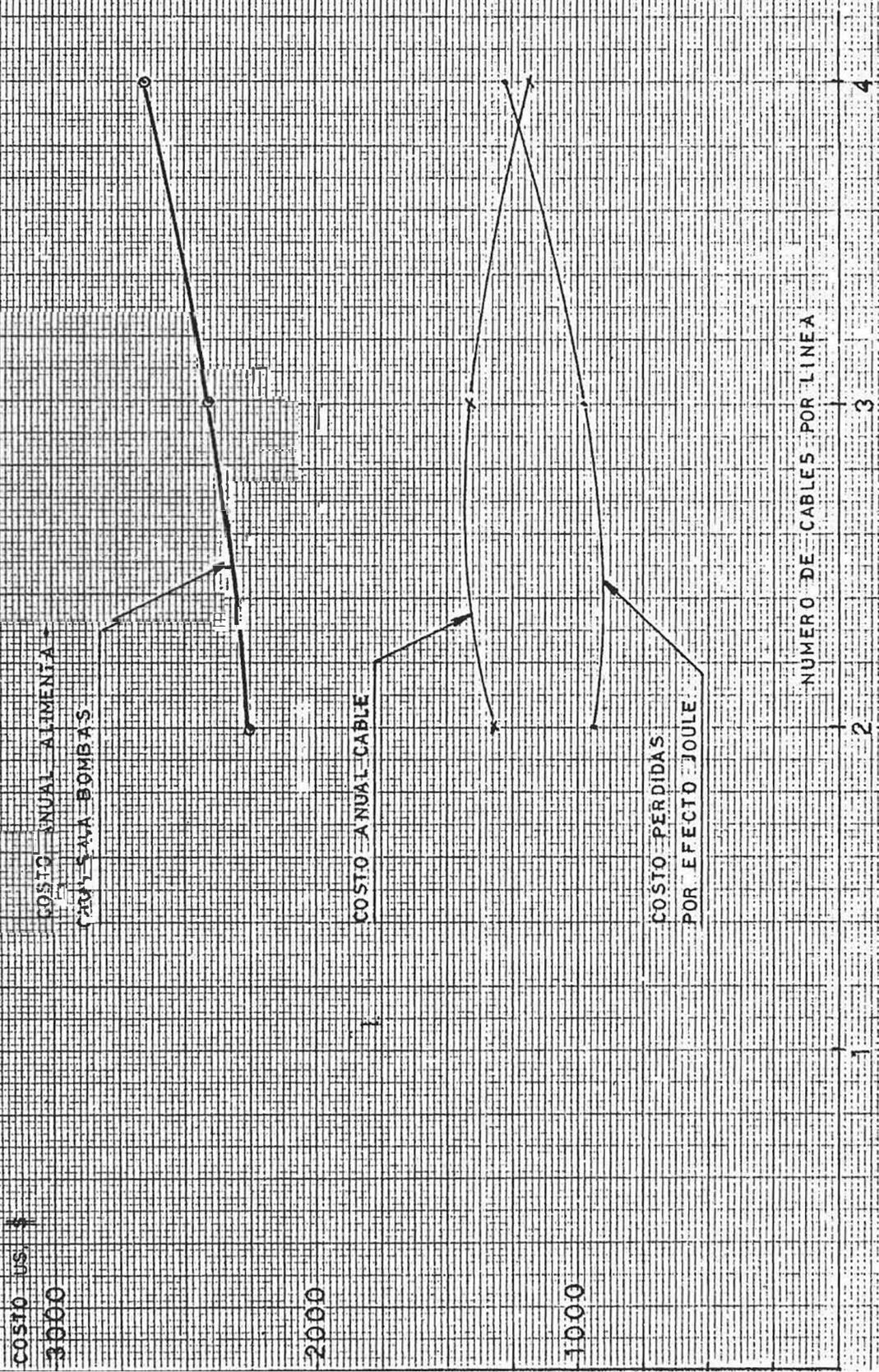


FIG 3.1

Comprobación de la Caída de Tensión

Resistencia Eléctrica

$$R_{80} = R_{20} \left[1 + 0.00392 (t_f - 20) \right]$$

$$R_{20} = \rho_{20} \frac{L}{S}$$

Donde:

$$\rho_{20} = \text{Resistencia del conductor} = 0.017373 \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$S = \text{Sección del conductor} = 185 \text{ mm}^2$$

$$L = \text{Longitud} = 75 \text{ m}$$

$$R_{80} = 0.017373 \times \frac{75}{185} \times \left[1 + 0.00392 (80-20) \right]$$

$$R_{80} = 0.0087 \Omega$$

Además la resistencia de un conductor depende de los siguientes factores

- Del diámetro de los hilos del alma y naturaleza del metal

$$K_1 = 1.02$$

- Del cableado del alma

$$K_2 = 1.02$$

- Reunión de los conductores

$$K_3 = 1.02$$

$$\text{Luego: } R_{80} = R_o K_1 K_2 K_3 = R_o \times 1.02^3 = 1.06 R_o = 1.06 \times 0.0087$$

$$R_{80} = 0.00922 \Omega$$

Caída de Tensión

$$\Delta V = \sqrt{3} R I \cos \phi + \sqrt{3} X I \sin \phi$$

Donde:

R = Resistencia del conductor por fase a 80°C

$$R = \frac{0.009222}{2} = 0.004611 \Omega$$

X = Reactancia del conductor por fase a 80°C

$$X = \frac{0.229}{2} \frac{\Omega}{\text{Km}} \times 0.075 \text{ Km} = 0.0085875 \Omega$$

COS ϕ = Factor de potencia de la carga 0.89

SEN ϕ = 0.45596

I = Corriente de carga nominal = 701.157

$$\Delta V = \sqrt{3} \times 0.004611 \times 701.157 \times 0.89 + \sqrt{3} \times 0.0085875 \times 701.157 \times 0.45596$$

$$\Delta V = 9.739 \text{ Voltios}$$

Segun el Código Nacional de Electricidad la caída de tensión no excederá del 5% de las tensiones nominales dadas en la Tabla 4-I osea 5% de 400 = 20 voltios como 7.3 voltios es menor que la caída permisible el cable a usar es el correcto.

Cálculo del Cable Alimentador de cada Motor de la Sala de Bombas

Este cable es el que usa el motor eléctrico con su respectivo tablero de arranque, distancia 20m.

La interconexión entre los motores y su respectivo table
ro de arranque será por canaleta de sección rectangular
y la parte superior tapada con plancha de fierro estria-
do. Sección de la canaleta = 40cm x 20cm.

Corriente de Fase

La corriente que circula por cada fase del motor en tra-
bajo normal es la corriente de línea dividida entre $\sqrt{3}$.

$$I \text{ línea} = 1.25 \frac{P}{\sqrt{3} V \cos \phi}$$

Donde:

$$P = \text{Potencia del motor en KW} \\ = 150\text{HP} \times 0.746 \text{ KW/HP}$$

$$V = \text{Tensión de la línea } 440\text{V}$$

$$\cos \phi = 0.89$$

$$I \text{ línea} = \frac{1.25 \times 150 \times 0.746}{\sqrt{3} \cdot 0.44 \times 0.89} = 206.223$$

$$I_f = \text{Corriente del motor igual } I_L / \sqrt{3}$$

$$I_f = \frac{206.223}{\sqrt{3}} = 119.063$$

La distancia entre el tablero de arranque y el motor eléc
trico es de 20m.

Factores de Corrección

Los cables irán colocados en canaletas de 40 x 20 cm de -
sección, por lo que el diseño del cable alimentador está

está sujeto a los siguientes factores de corrección.

- Corrección por la proximidad de otros cables $K1=0.89$ según la Tabla XIX del fabricante INDECO
- Corrección por temperatura de la canaleta $K2=0.95$

Corriente de Diseño del Cable

$$I_d = \frac{119.062}{0.89 \times 0.95} = 140.82A$$

Número óptimo de Cables por fase

Para determinar los cables a usar por cada fase se hace un análisis similar al alimentador de la sala y el resumen está en los cuadros siguientes:

Cálculo del Costo Anual del Cable.

CUADRO N° 3.6

| N°CABLES POR FASE | CORRIENTE DE DISEÑO AMPERIOS | S mm ² | LONGITUD CABLE UNI- POLAR m | COSTO CABLE POR METRO U.S. \$ | COSTO TOT. POR CABLE U.S.\$ | ANUALIDAD COSTO CA- BLE U.S.\$ |
|----------------------|------------------------------------|----------------------|--------------------------------------|--|-----------------------------------|---|
| 1 | 140.82 | 35 | 120 | 4.029 | 483.48 | 78.68 |
| 2 | 70.41 | 10 | 240 | 1,397 | 335.28 | 54.56 |
| 3 | 46.94 | 6 | 360 | 0.962 | 346.32 | 56.36 |

En el cuadro anterior la anualidad se calcula con la fórmula

$$A = \frac{P (1+i)^n i}{((1+i)^n - 1)}$$

Donde:

P = Es la inversión inicial para la adquisición del conductor

i = Tasa de interés = 0.1

n = Número de años para la amortización del préstamo = 10

Seguidamente calculamos el costo de la energía pérdida a causa del efecto Joule.

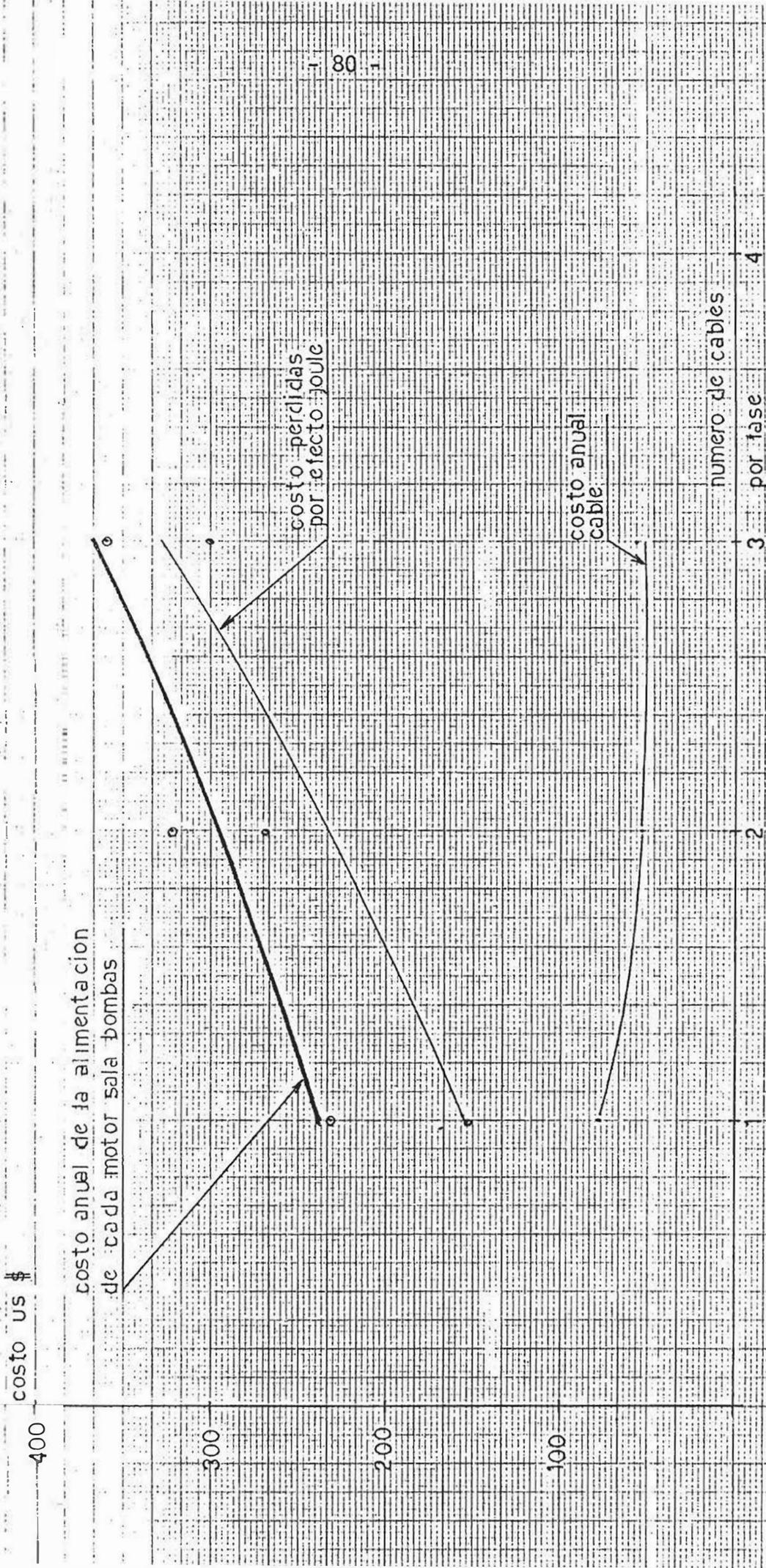
Primero calculamos la pérdida de energía en KW-H al año, luego en base a la tarifa fijada por el Ministerio de Energía y Minas calculamos el valor de la energía en dólares al año.

$$E = (I^2 R \times 10^{-3}) \times 24 \times 30 \times 12 \text{ KW-H al año}$$

$$C = 12 \left(28,000 + \left(\frac{E}{12} - 200 \right) \times 139.9 \right) : 8,232$$

CUADRO N° 3.7

| N° CABLES POR FASE | RESISTEN. UNITARIA Ω / Km | RESISTEN. TOTAL Ω | CORRIENTE NOMINAL AMP | POTENCIA PERDIDA $I^2 R$ KW | ENERGIA ANUAL PERDIDA KW-H | COSTO PER ENERGIA U.S.\$ |
|--------------------|--|-----------------------------|--------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|-----------------------------|
| 1 | 0.615 | 0.0738 | 119.06 | 1.046 | 9,037.44 | 153.62 |
| 2 | 2.14 | 0.5136 | 59.53 | 1.820 | 15,724.80 | 267.27 |
| 3 | 3.61 | 1.2996 | 39.70 | 2,048 | 17,694.7 | 300.75 |



- 80 -

FIG 3.2

Para determinar el número óptimo de cables por fase sumamos el costo de la energía por efecto Joule con el costo anual del cable y obtenemos:

CUADRO N°3.8

| N° CABLES POR FASE | mm ² | ANUALIDAD COSTO CABLE + COSTO PERDIDA DE ENER- GIA AÑO | | |
|-----------------------|-----------------|--|----|--------|
| | | U. | S. | \$ |
| 1 | 35 | | | 232.30 |
| 2 | 10 | | | 321.83 |
| 3 | 6 | | | 357.11 |

En el cuadro anterior fácilmente podemos determinar que el número óptimo de cables por fase es 1 y será del número 35 mm² NYY.

Variación de la Temperatura interior de la Trinchera

El cálculo de la capacidad de corriente admisible puede efectuarse como para cables instalados en el aire. Pero es necesario tener en cuenta el hecho que la temperatura del aire encerrado dentro de la trinchera es sensiblemente mayor que la del aire libre externo, ya que el calor para evacuarse debe transponer las paredes y el terreno circundante o la tapa antes de ser transmitido al aire ambiente.

La evacuación de la temperatura sobre la del aire exterior puede evaluarse mediante la siguiente expresión:

$$\Delta T = \frac{nW}{3P} \text{ (}^\circ\text{C)}$$

Donde:

n = N° de calles en la trinchera

W = Pérdida de potencia en el cable en Watt/metros

$$= \frac{1046W}{120 \text{ m}} = 8.717$$

P = Perímetro de la trinchera en metros si la cubierta es metálica se puede considerar como si fuese del doble del ancho para el cálculo del perímetro.

$$= 0.2 + 0.4 + 0.2 + 0.4 + 0.4 = 1.6 \text{ m.}$$

$$\Delta T = \frac{6 \times 8.717}{3 \times 1.6} = 10.89$$

La temperatura en el interior de la trinchera será de -
 $28 + 10.89 = 38.89 \text{ }^\circ\text{C}$,

En la Tabla 2. XI del Código Nacional de Electricidad - se tiene que para una temperatura ambiente de $39 \text{ }^\circ\text{C}$ corresponde un $K = 0.89$

La corriente aparente será $I_a = \frac{I_n}{K} = \frac{119}{0.89} = 133 \text{ AMP.}$

A ésta corriente le corresponde un conductor de 25 mm^2 - osea que el conductor de 35 mm^2 es el correcto.

Caída de Tensión

$$\Delta V = \sqrt{3} R I \cos \phi + \sqrt{3} X I \sin \phi$$

Donde:

$$R = 0.615 \frac{\Omega}{\text{Km}} \times 0.020 \text{ Km} = 0.0123 \Omega$$

I = Corriente de fase nominal

$$I_L = \frac{150 \times 0.746}{\sqrt{3} \times 0.44 \times 0.89} = 164.978$$

$$I_F = \frac{I_L}{\sqrt{3}} = \frac{164.978}{\sqrt{3}} = 95.25 \text{ A}$$

$$\cos \phi = 0.89$$

$$\sin \phi = 0.45596$$

$$X = 0.288 \frac{\Omega}{\text{Km}} \times 0.02 \text{ Km} = 0.00576 \Omega$$

$$\Delta V = \sqrt{3} \times 0.0123 \times 95.25 + \sqrt{3} \times (0.00576) \times 95.25 \times 0.45596$$

$$\Delta V = 2.4625 \text{ voltios}$$

3.2 Cámara de Bombeo de Desagues

Información Básica

- Tensión de alimentación 440V
- Frecuencia 60 HZ
- Número de Bombas 4
- Potencia de los motores 90HP
- Sistema de arranque Y/A
- Forma de funcionamiento manual-automático

Consideraciones Generales de Diseño

Los factores a tener cuenta en el diseño son los mismos que en la sala de bombas de agua tratada.

3.2.1 Tablero General de Distribución

Diagrama Unifilar Plano IEM 0.1

Interruptor General

Corriente de Diseño

De cálculos anteriores se tiene que:

Potencia nominal: 4 motores de 90HP c/u

Tensión nominal 440V

$\text{COS } \emptyset = 0.89$

Eficiencia (n) = 0.9

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} V \text{COS } \emptyset n} = \frac{90 \times 0.746}{\sqrt{3} \times 0.44 \times 0.89 \times 0.9} = 109.98$$

$$I_d = 1.25 \times 109.98 + 3 \times 109.98 = 467.44A.$$

Corriente de Corto-Circuito

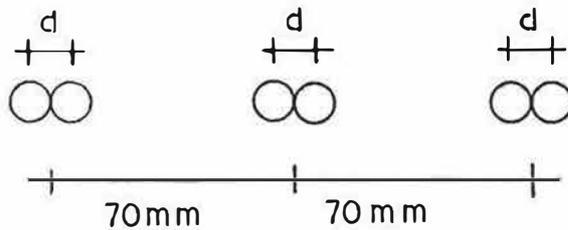
Cálculo de la Inductancia

$$L = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{D_{eq}}{RMG}$$

Donde:

$$D_{eq} = \sqrt[3]{D_{12} D_{13} D_{23}}$$

$$RMG = \text{Radio medio geométrico} = \sqrt{r'd}$$



Cada uno de los conductores son de 70 mm^2 tipo NYY y sus dimensiones son:

$$r = \text{Radio del conductor} = 4.72 \text{ mm}$$

$$d = \text{Distancia entre centros de 2 conductores de una misma fase} = 17 \text{ mm}$$

$$D_{eq} = \sqrt[3]{2} \quad D = \sqrt[3]{2} \quad 70 = 88.194 \text{ mm}$$

$$RMG = \sqrt{4.72 \times e^{-0.25} \times 17} = 7.905 \text{ mm}$$

$$L = 2 \times 10^{-7} \ln \left(\frac{88.194}{7.905} \right) = 4.824 \times 10^{-7} \text{ Hr/m}$$

$$X = 377L = 1.8186 \times 10^{-4} \frac{\Omega}{m}$$

La distancia entre la subestación de la planta de agua y la estación de bombeo de desagüe es de 70 m la reactancia será:

$$X_{L_{BT}} = 1.8186 \times 10^{-4} \frac{\Omega}{m} \times 70 \text{ m} = 0.0127 \Omega$$

X_L = Referidos al lado de alta del transformador será:

$$X = 0.01273 \times 10,000^2 / 440^2 = 6.5754 \Omega$$

$$I_{cc} = \frac{1.1 \times V_n}{\sqrt{3} Z_{Total}}$$

$$Z_{Total} = Z_{línea_{A.T}} + Z_{Transf_{A.T}} + Z_{Cables_{Ref.A.T}}$$

$$Z_{Total} = 4.287 + 4.5 + 6.575 = 15.362$$

$$I_{cc_{AT}} = \frac{1.1 \times 10,000}{\sqrt{3} \times 15.362} = 545.28A$$

$$I_{cc_{BT}} = 545.28 \times \frac{10,000}{440} = 12.392KA$$

Corriente de Ruptura

$$I_r = \mu_r I_{cc}$$

Donde:

I_r = Corriente ruptura

I_{cc} = Corriente de cortocircuito

μ_r = Constante que depende de retardo de la interrupción del circuito y de relación I_c / I_n

I_n = Corriente nominal

Segun cálculos anteriores sabemos que:

$$I_n = 467.44A \qquad I_{cc} = 12.392 \text{ KA}$$

$$I_{cc}/I_n = 26.51$$

En la Tabla 3.1 $\mu_r = 0.74$

corriente de ruptura = 9.17KA

Interruptor Comercial

Con los datos obtenidos anteriormente:

$$I_n = 467.44$$

Irupuntura 9.17 seleccionamos el interruptor General Electric tipo IJK de 460V, 600 Amp, 10KA de corriente de ruptura simétrica.

Barras de Distribución

Cálculo por efectos Mecánicos

Corrientes de Choque

$$I_{CH} = 1.8 \times \sqrt{2} \times I_{cc} = 1.8 \times \sqrt{2} \times 12.392KA = 31.55KA$$

Fuerza actuante sobre cada barra

$$F = 2.04 \frac{I_{CH}^2 l \times 10^{-8}}{d} \text{ Kg}$$

Donde:

l = longitud de barra en m = 0.70m

d = distancia entre barras = $d + \frac{1cm}{KV} \times 0.44KV = 14.4cm$.

$$F = 2.04 \times \frac{31,550^2 \times 0.70 \times 10^{-8}}{0.144} = 98.71 \text{ Kg}$$

Momento de Flexión

$$M_b = \frac{P l^2}{8}$$

$$P = F/l$$

F = Fuerza sobre cada barra = 98.71Kg.

l = Longitud de la barra en cm = 70 cm

$$M_b = FL/8$$

$$M_b = \frac{98.71 \times 70}{8} = 863.71 \text{ Kg} \cdot \text{cm}$$

Esfuerzo en la Barra: Kb

$$K_b = \frac{M_b}{W_b}$$

Donde:

M_b = Momento de flexión en la barra 863.71 Kg.cm

W_b = Momento resistente de la sección transversal de la barra

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

Donde:

b = = Espesor de la barra

h = = Altura de la sección de la barra

Selección de la barra

La corriente nominal que entra al tablero de distribución es de 329.96A la misma que puede ser soportada por una barra de (40 x 5) mm la que tiene una capacidad nominal de 520 Amperios.

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

$$W = \frac{0.5 \times 4.0^2}{6} = 1.333$$

$$K = \frac{M}{W} = \frac{863.71 \text{ Kg-Cm}}{1.333 \text{ cm}^3} = 647.95 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

Como el esfuerzo máximo permisible en la barra es de -
1200 $\frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$ es correcta la barra elegida

Cálculo de la Barra por resonancia

La oscilación mecánica no debe hallarse alrededor del -
 $\pm 10\%$ de la frecuencia eléctrica de la red (60HZ) o del
doble de ella (120HZ)

$$f = 112 \sqrt{\frac{E \cdot J}{g \cdot L^4}} \quad \frac{\text{C}}{\text{Seg}}$$

$$E = \text{Modulo de elasticidad del cobre} = 1.25 \times 10^6 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$$

$$J = \text{Momento de inercia de la sección en cm}^4$$

$$J = \frac{h \cdot b^3}{12} = \frac{4 \times 0.5^3}{12} = 0.04167 \text{ cm}^4$$

$$g = \text{Peso de la barra} = 1.78 \times 10^{-2} \frac{\text{Kg}}{\text{cm}}$$

$$L = \text{Longitud de la barra} = 70 \text{ cm.}$$

$$f = 112 \times \sqrt{\frac{1.25 \times 10^6 \times 0.04167}{1.78 \times 10^{-2} \times 70^4}} = 39.1 \frac{\text{C}}{\text{Seg.}}$$

Como $f = 39 \frac{\text{C}}{\text{S}}$ está muy alejada de 60 C/S la barra ele-
gida es la correcta.

Cálculo de la Barra por efecto Térmico

La sobre elevación de la temperatura está dado por la fórmula siguiente:

$$\theta = \frac{K}{S^2} I_d^2 (t + \Delta t) \text{ } ^\circ\text{C}$$

Donde:

$$\Delta t = \left(\frac{I_{cc}}{I_d} \right) T$$

θ = Se admite una sobre elevación de 180°C para barras de cobre desnudo.

K = Constante del material, cobre = 0.0058

S = Sección de la barra 200 mm²

t = Tiempo de duración de cortocircuito = 0.2+0.3 = 0.5 seg.

I_d = Corriente de cortocircuito estacionario

$$\Delta t = \left(\frac{I_{cc}}{I_d} \right) T$$

I_{cc} = Corriente de cortocircuito

T = Constante que depende del tipo de falla

0.3 para el caso de un cortocircuito tripolar

Se asume que:

- No hay cesión de calor al ambiente
- El calor específico del material es constante
- No se incluye el calentamiento de choque, se ha aumentado el t en 0.3 seg para incluir el calentamiento del choque.

Cálculo de Δt

$I_d = \mu_d I_{cc}$, μ_d depende de la relación I_{cc}/I_n , en este caso $\frac{I_{cc}}{I_n} = \frac{12,392}{329.26} = 37.64$

En la tabla 3.2 se puede encontrar el valor de

$$\mu_d = 0.41$$

Luego $I_d = (0.41)(12.392\text{KA}) = 5.08\text{KA}$

$$\Delta T = \left(\frac{12.392}{5.08} \right) 0.3 = 0.732$$

En la fórmula de sobre elevación de temperatura se tendrá:

$$\theta = \frac{0.0058}{200^2} 5,080^2 (0.5 + 0.732) = 4.61 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Temperatura final de las barras de cobre son

$$T_f = 70 + 4.61 = 74.61 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Instrumentos de Medición

- 2 Transformadores de corriente para baja tensión, 440V, I línea = 412.45A, relación de transformación 600/5, - clase 1.0
- Conmutador amperimétrico R-S-T-0.
- Amperímetro escala 0-600
- Base tripolar DZ 25 para fusibles de protección de circuito voltimétrico con fusibles de 2A
- 2 Transformadores de tensión, relación de transformación 440/220 clase 1.0, 50W.

- Voltímetro con escala 0-600 voltios
- 1 Kilovatímetro hora trifásico de escala 0 -250KW
 - bobina de corriente de 5A
 - bobina de tensión 220V
- Frecuencímetro de lenguetas vibrantes con escala 57 63HZ, 220V
- Lámparas de señalización de tensión.

3.2.2 Tableros de Control de los Motores

Diagrama Unifilar

Plano IEM - 0.1

Cálculo del Seccionador Fusible

Corriente de línea (In)

$$I_n = 329.96, \quad I_{\text{diseño}} = 1.5 I_n = 494.9A$$

Se usaran bases portafusibles de 500 Amperios

Cons fusibles de 500 Amp.

Cálculo del interruptor de cada Motor

De cálculos anteriores tenemos que

$$I_n = 109.98 A \quad I_{\text{diseño}} = 1.5 I_n = 199.03A$$

$$I_{cc} = 12.392KA$$

$$\text{Interruptor} = 9.17KA$$

Con éstos datos escogemos el interruptor termomagnético MITSUBISHI Tipo NF225CB de 460 V, 250 Amperios de corriente nominal y de 10KA de corriente de ruptura simétrica.

Instrumentos de Medición

- 2 Transformadores de corriente para baja tensión, 440V

$$I \text{ línea} = \frac{90 \times 0.746 \times 1.15}{0.44 \times 0.89 \times 0.90 \times \sqrt{3}} = 126.48$$

Relación de transformación 150/5 clase 1

- Conmutador amperimétrico R-S-T-0.
- Amperímetro 0-100A
- Base tripolar DZ-25 para fusibles de protección de circuito voltimétrico con fusibles de 2A
- 2 transformadores de tensión 440/220, clase, 50W
- Conmutador voltimétrico RS-ST-TR-0
- Voltímetro con escala 0-600 voltios
- Kilvatímetro trifásico de escala 0-200KW
 - . Bobina de corriente de 5A
 - . Bobina de tensión de 220V
- Horómetros,
- Luces de señal de funcionamiento normal y parada por acionamiento del relee.
- Control de nivel de líquidos por electrodos.

En éste caso no hay necesidad de calcular la línea de control debido a que los motores se encuentran en la misma cámara de desagües.

Cálculo del Arrancador estrella-triángulo

Para arrancar los motores usaremos el sistema estrella-triángulo, el que consiste en arrancar el motor conectando sus devanados en estrella y luego de adquirir cierta velocidad se conectan en triángulo.

Este sistema de arranque además de ofrecer la ventaja de la reducción de la corriente a un 58%, no necesita de equipo adicional para reducir el voltaje con lo cual se obtiene bajos costos y elevada confiabilidad.

Contactador Principal

$$\text{Corriente Nominal de Línea} = I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} V \cos \phi_n}$$

Corriente de Diseño del Contactador

$$I_d = \frac{1.25 I_n}{\sqrt{3}}$$

$$I_n = \frac{90 \times 0.746}{\sqrt{3} \times 0.440 \times 0.89 \times 0.9}$$

$$I_{\text{diseño}} = \frac{1.25 \times 90.98}{\sqrt{3}} = 79.784$$

Contactador para la Conexión en triángulo

Identico al anterior ya que ambos son recorridos por la misma corriente.

$$I_{\text{diseño}} = 79,78\text{A}$$

Contactor para la conexión Estrella

$$I_{\text{diseño}} = \frac{I_{\text{diseño contactor en triángulo}}}{\sqrt{3}}$$

$$I_{d_y} = \frac{79,78}{\sqrt{3}} = 45,83\text{A}$$

Releé Térmico

$$I_{\text{in releé}} = \frac{I_{\text{in línea}}}{\sqrt{3}} = \frac{109,98}{\sqrt{3}} = 79,78$$

El releé a usar tendrá un rango de regulación de 70A-90A

3.2.3 Cálculo y Diseño del Circuito de Fuerza y Número Optimo de Conductores por fase de la Cámara de Bombeo de Desagües

Cable Alimentador

Carga instalada : 4 motores de 90HP

$$I_{\text{in}} = \frac{P}{\sqrt{3} V \cos \phi} = \frac{90 \times 0,746}{\sqrt{3} \times 0,44 \times 0,89} = 98,98$$

- Corriente nominal del cable alimentador

$$I = 1,25 \times 98,98 + 3 \times 98,98$$

$$I = 467,44 \text{ Amperios}$$

- Longitud del Cable Alimentador 70 metros

Factores de Corrección

- Corrección por temperatura del terreno.
Segun C.N.E tabla 2-XXXI $K_1=0.91$
- Corrección por resistividad térmica del suelo
 $K_2 = 0.92$ segun tabla 2 XXXK

- Factor de Corrección de la capacidad de corriente relativos a la proximidad de otros cables tendidos bajo el suelo

$$K_3 = 0.82 = \text{segun tabla 2XXXIV}$$

Corriente de Diseño

$$I = \frac{I_n}{K_1 K_2 K_3} = \frac{467.44}{0.91 \times 0.92 \times 0.82}$$

$$I = 680.90$$

- Número de Cables por fase

Para poder transportar 612.72 Amperios podemos usar 1, 2,3, ó mas cables por fase, el número óptimo se calcula en base al costo de los diferentes calibres del conductor y al costo de la energía pérdida por el efecto Joule.

Cálculo del Costo Anual del Cable

CUADRO N° 3.9

| N° DE CABLES POR FA SE | CORRIENTE DE DISEÑO AMPERIOS | S mm ² | LONGITUD DEL CABLE UNIPOLAR m | COSTO POR m U.S.\$ | COSTO TOTAL CABLE P (\$) | ANUALIDAD COSTO CABLE |
|------------------------|------------------------------|-------------------|-------------------------------|--------------------|--------------------------|-----------------------|
| 1 | 680.90 | 400 | 210 | 45.353 | 9524.13 | 1550.00 |
| 2 | 340.45 | 120 | 420 | 13.263 | 5570.46 | 906.60 |
| 3 | 226.97 | 70 | 630 | 8.132 | 5123.16 | 833.77 |
| 4 | 153.18 | 35 | 840 | 4.029 | 3384.36 | 550.79 |

$$A = \text{Anualidad costo cable} = \frac{Px (1+i)^n \times i}{((1+i)^n - 1)}$$

Donde:

P = Valor presente

i = Tasa de interés = 10%

n = Número de años = 10

$$A = \frac{P(1+0.1)^{10} \times 0.1}{((1+0.1)^{10} - 1)}$$

Cálculo de la energía pérdida a causa del efecto Joule

Primero calculamos la pérdida de energía en KWH al año, luego en base a la tarifa fijada por el Ministerio de Energía y Minas.

Calculamos el valor de la energía en dólares al año.

$$E = (I^2 R \times 10^{-3}) \times 24 \times 30 \times 12 \text{ KWH al año}$$

$$C = 12 \left[28000 + \left(\frac{E}{12} - 200 \right) \times 139.9 \right] : 8,232$$

CUADRO N°3.10

| N° CABLES POR FASE | RESISTEN- CIA UNITA- RIA Ω /Km | RESISTEN- CIA TOTAL Ω | CORRIENTE NOMINAL AMP | POTENCIA PERDIDAS $I^2 R$ KW | ENERGIA ANUAL PERDIDA KW-H | COSTO ENERGIA ANUAL U.S \$ |
|-----------------------|--|------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| 1 | 0.055 | 0.0116 | 467.44 | 2.534 | 21,893.76 | 372.11 |
| 2 | 0.179 | 0.0752 | 233.72 | 4.108 | 25,493.12 | 603.222 |
| 3 | 0.313 | 0.1972 | 155.82 | 4.788 | 41,368.32 | 703.07 |
| 4 | 0.615 | 0.5166 | 116.86 | 7.055 | 60,955.2 | 1035.94 |

Para determinar el número óptimo de cables por fase su mamos el costo de la energía por efecto Joule al año - con el costo anual del cable y obtenemos.

CUADRO 3.11

| N° DE CABLES | S mm ² | ANUALIDAD COSTO CABLE + COSTO PERDIDA ENER- GIA U.S. \$ |
|--------------|----------------------|---|
| 1 | 400 | 1922.11 |
| 2 | 120 | 1509.82 |
| 3 | 70 | 1536.84 |
| 4 | 35 | 1586.73 |

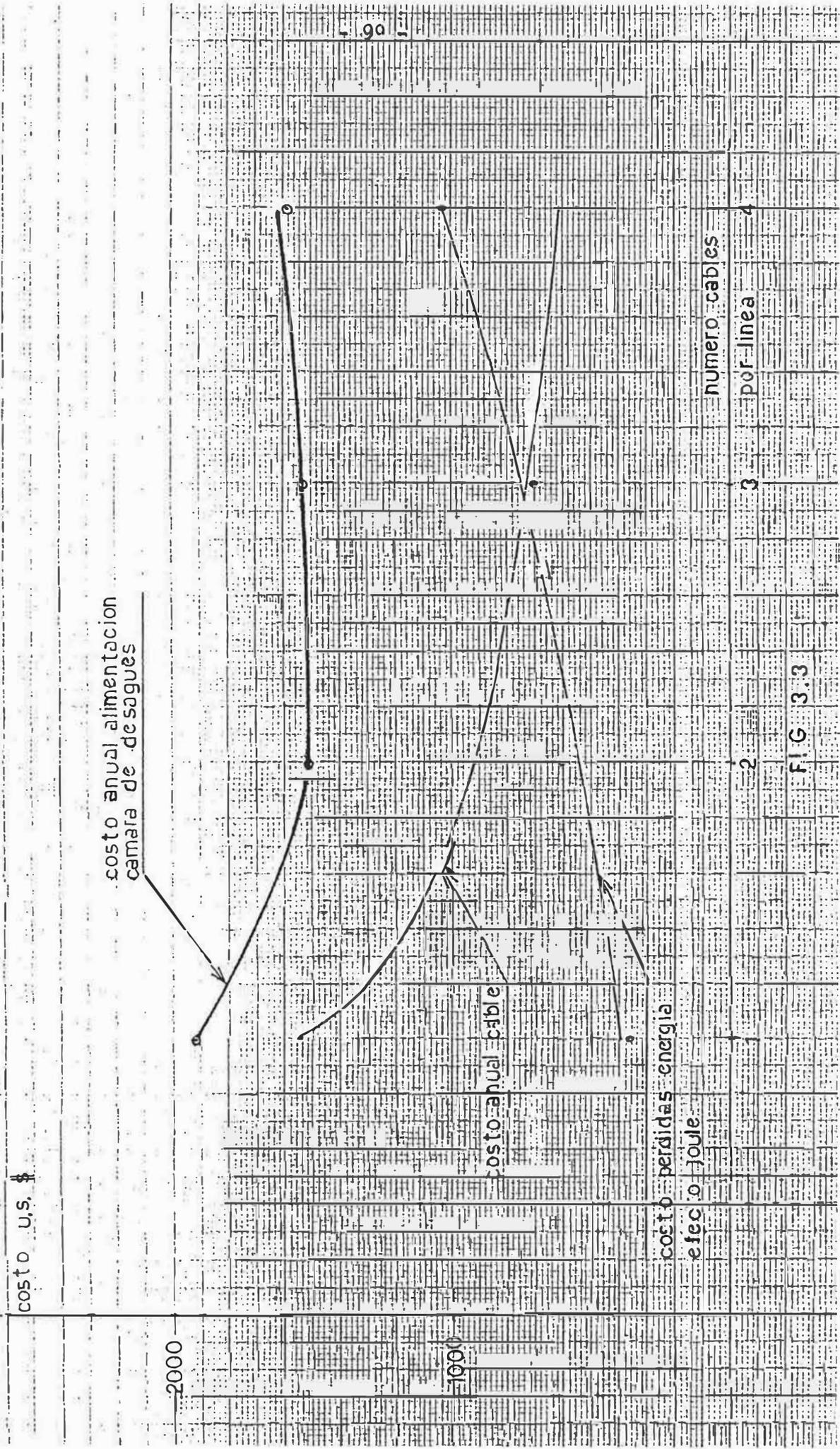


FIG 3.3

En el cuadro anterior observamos que el número óptimo de cables por fase es 2, además de la ventaja económica antes anotada permite la realización de la obra en dos etapas abaratando la inversión inicial.

Comprobación de la Caída de Tensión

- Resistencia eléctrica

$$R_{80} = R_{20} \left[1 + 0.000392 (4 - 20) \right]$$

$$R_{20} = \rho_{20} \frac{L}{S}$$

ρ_{20} = Resistividad del conductor en mm^2/m

$$\rho_{20} = 0.017373 \text{ mm}^2/\text{m}$$

L = Longitud del conductor = 0.070 Km

S = Sección del conductor en mm^2

$$S = 120 \text{ mm}^2$$

$$R_{80} = 0.017373 \times \frac{70}{120} \times [1 + 0.00392 (80 - 20)]$$

$$R_{80} = 0.013412 \Omega$$

- La variación de la Resistencia-Depende de los siguientes factores

. Del diámetro de los hilos del alma y naturaleza del metal $K_1 = 1.02$

. Cableado del alma

$$K_2 = 1.02$$

. Reunión de los conductores

$$K_3 = 1.02$$

Luego la resistencia corregida será:

$$R_{80} = 0.013412 \times K1K2K3$$

$$R_{80} = 0.01134 \times 1.06 = 0.01422 \Omega$$

Caída de Tensión

$$\Delta V = \sqrt{3} \text{ RI } \cos \phi + \sqrt{3} \text{ XI } \sin \phi$$

Donde:

R = Resistencia del conductor por fase a 80°C

$$R = 0.179 \frac{\Omega}{\text{Km}} \times \frac{1}{2} = 0.0895 \frac{\Omega}{\text{Km}} \times 0.07 \text{ Km} = 0.006265 \Omega$$

X = Reactancia del conductor por fase a 80°C

$$X = \frac{0.247}{2} \frac{\Omega}{\text{Km}} \times 0.07 \text{ Km} = 0.008645 \Omega$$

COS ϕ = Factor de potencia de la carga = 0,89

SEN ϕ = 0.45596

I = Corriente de carga nominal

$$I = 396.0$$

$$\Delta V = \sqrt{3} \times 0.006265 \times 396 \times 0.89 + \sqrt{3} \times 0.008645 \times 396 \times 0.45596$$

$$\Delta V = 6.5281 \text{ Voltios}$$

La caída de tensión máxima en cables y conductores según el C.N.E Tomo IV no excederá del 5% de 400 o sea 20 voltios, como 6.5 V es menor que la máxima caída aceptable - el conductor elegido es el correcto.

Cable Alimentador de cada motor de la Cámara de Desagues

Este cable es el que une al motor eléctrico con su respectivo tablero de arranque.

La interconexión entre los motores y su tablero eléctrico se hará sobre bandejas horizontales ranuradas de sección rectangular.

Corriente de Fase

En trabajo normal es la corriente de línea dividida entre $\sqrt{3}$

$$I \text{ línea} = \frac{P}{\sqrt{3} V \cos \phi}$$

Donde:

P = Potencia del motor en KW=90x0.746=67.14KW

V = Tensión de la línea = 440V

COS ϕ = 0.89

$$I_L = 67.14 / (\sqrt{3} \times 0.440 \times 0.89) = 98.987$$

La corriente de fase será IF

$$I_F = \frac{I_L}{\sqrt{3}} = \frac{98.987}{\sqrt{3}} = 57.15$$

Longitud del cable

La distancia entre el tablero de arranque y el motor eléctrico es de 7m.

Factores de corrección

- Por temperatura ambiente de la zona de instalación, 28°C, en la tabla 2-XIII del C.N.E

$$K_1 = 1.02$$

- Por agrupamiento según la tabla Instalaciones Eléctricas - Ing . Aguirre.

$$K_{2,6 \text{ cables}} = 0.80 \quad K_{2,12 \text{ cables}} = 0.70$$

- El coeficiente equivalente

$$K_{6 \text{ cables}} = K_1 K_2 = 1.02 \times 0.8 = 0.81$$

$$K_{12 \text{ cables}} = K_1 K_2 = 1.02 \times 0.7 = 0.72$$

Corriente de diseño

$$I_{d_{\text{fase}}} = 1.25 I_n = 1.25 \times I_{\text{fase}} = 1.25 \times 57.15 = 71.44 \text{ AMP}$$

La corriente aparente tomando en cuenta los factores de corrección es:

$$I_{d_{\text{fase}}} = \frac{71.44}{K_e} = \frac{71.44}{1.02 \times 0.8} = 87.55$$

$$I_{d_{\text{fase } 2}} = \frac{71.44}{1.02 \times 0.7} = 100.06$$

$$I_{d_{\text{fase}}} \text{ por conductor} = \frac{100.06}{2} = 50.03$$

Número óptimo de cables por fase

Como la corriente de fase de cada motor es 57.15 Amperios la misma puede ser transportada por uno, dos o mas cables, correspondiendo un costo diferente para cables diferentes, además por prescripción del Código Nacional de Electricidad la sección mínima de los cables será de 6 mm^2 por lo tanto, solo hay 2 posibilidades.

A continuación se presenta el análisis de cada alternativa.

CUADRO N°3.12

| N°CABLES POR FASE | CORRIENTE DE DISEÑO (A) | SECCION CABLE mm ² | COSTO CABLE POR m U.S.\$ | LONGITUD CABLE m | COSTO TOTAL CABLE U.S.\$ | ANUALIDAD COSTO CA- BLE U.S.\$ |
|----------------------|-------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|
| 1 | 87.55 | 10 | 1.397 | 42 | 58.674 | 9.549 |
| 2 | 50.03 | 6 | 0.884 | 84 | 74.256 | 12.085 |

Anualidad del costo del cable

$$A = \frac{Pi(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

Donde:

P = Costo del cable

i = Tasa de interés 10%

n = Número de años para pagar el costo = 10

$$A = 58.674 \times \frac{0.1(1+0.1)^{10}}{(1+0.1)^{10} - 1}$$

$$A1 = 58.674 \times \frac{0.1(1.1)^{10}}{1.1^{10} - 1} = 9.549$$

$$A2 = 74.256 \times \frac{0.1 \times (1.1)^{10}}{1.1^{10} - 1} = 12.085$$

Energía Pérdida

A causa del efecto Joule se pierde energía en la resistencia que ofrece el cable eléctrico.

$$P = I^2 R$$

$$E = \frac{Pt}{1000}$$

Donde:

I = Corriente que circula por cada conductor en Amperios

R = Resistencia de cada conductor en Ohmios

P = Potencia en Watts

t = Tiempo (1 año) = 8,760 horas

E = Energía en KW hora

CUADRO N° 3.13

| N° CABLES POR FASE | SECCION CABLE mm ² | RESISTEN- CIA UNITA- RIA Ω /Km | LONGITUD CABLE m | RESISTEN- CIA TOTAL OHMIOS | CORRIENTE DE DISEÑO AMP | P=POTENCIA EFEC. JOULE WATTS |
|-----------------------|-------------------------------------|---|------------------------|----------------------------------|-------------------------------|------------------------------------|
| 1 | 10 | 2.14 | 42 | 0.0899 | 86.07 | 665.983 |
| 2 | 6 | 3.61 | 84 | 0.3032 | 50.03 | 758.910 |

Costo de la Energía Anual Perdida

El costo total de la energía que se pierde por efecto Joule es segun la tarifa 53 del consumo de energía eléctrica para plantas de tratamiento de agua potable :

S/. 28,000 por los primeros 200KW al mes

el exceso se cobra a razón de S/. 139.9/Kw

$$C = 12 \times \left[28,000 + \left(\frac{P}{12} - 200 \right) \times 139.9 \right] : 8,232$$

Donde:

P = Energía anual en Kw-H

C = Costo anual de la energía en dólares U.S.A.

CUADRO N° 3.14

| N° CABLES POR FASE | SECCION CABLE mm ² | ENERGIA ANUAL KW - H | COSTO ENERGIA ANUAL U.S. \$ |
|-----------------------|-------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|
| 1 | 10 | 5,834.01 | 99.176 |
| 2 | 6 | 6,648.05 | 113.010 |

Para decidir cual es la opción mas conveniente se debe de sumar al costo del cable el costo de la energía por efecto Joule al año.

CUADRO N° 3.15

| N° CABLES POR FASE | SECCION CABLE mm ² | COSTO CABLE + COSTO PERDIDAS |
|-----------------------|----------------------------------|---------------------------------------|
| 1 | 10 | 108.725 |
| 2 | 6 | 125.095 |

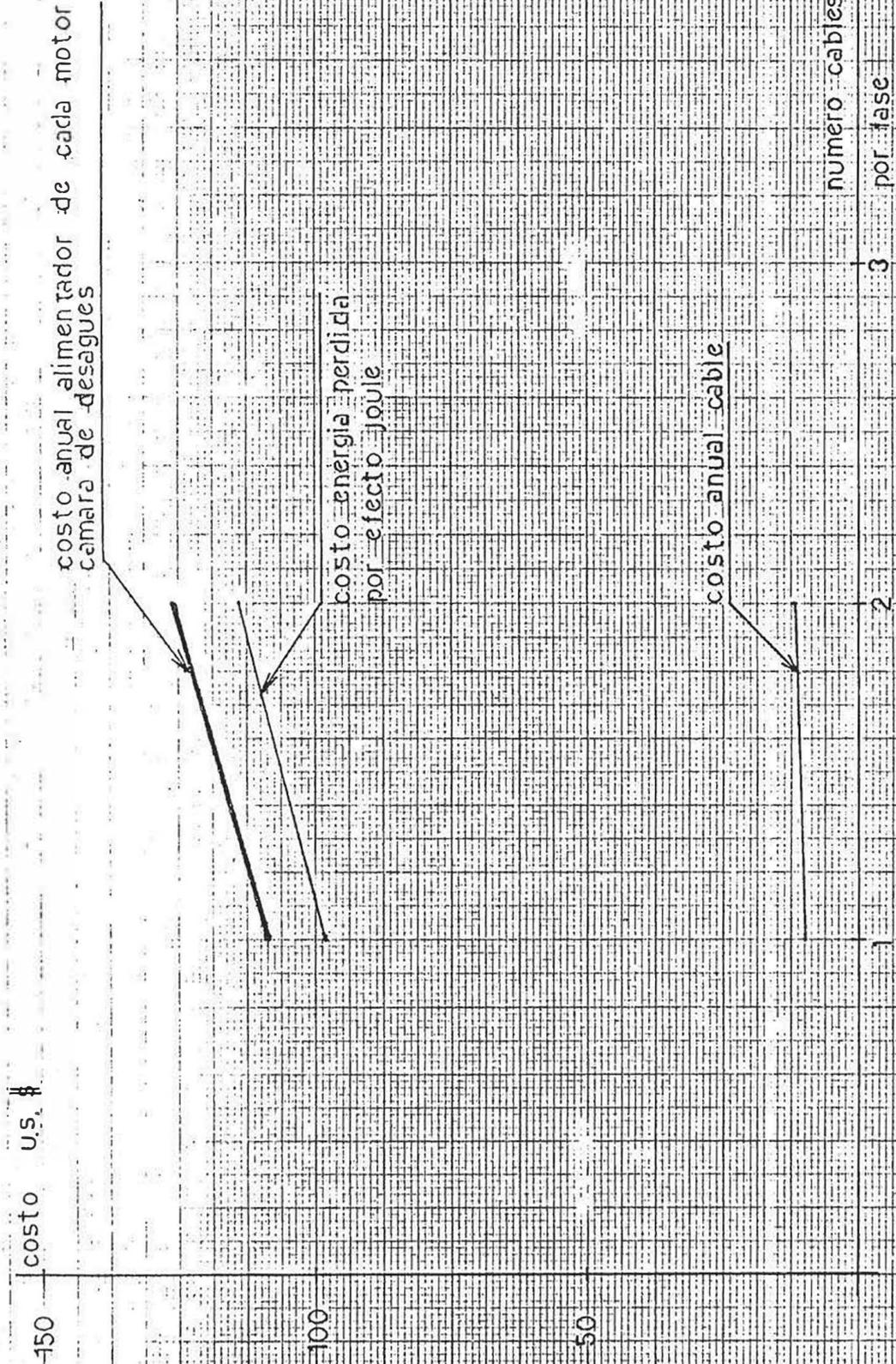


FIG 3.4

En el cuadro anterior vemos que la alternativa mas favorable es usar 1 cable por cada fase NYY 1 x 10mm²

Caída de Tensión

$$\Delta V = \sqrt{3} RI \cos \phi + \sqrt{3} XI \sin \phi$$

Donde:

$$R = \text{Resistencia total del alimentador} = 2,14 \frac{\Omega}{\text{Km}} \times 0,007 \text{ Km}$$

$$R = 0,01498 \Omega$$

$$I = \text{Corriente nominal de fase} = 57,15 \text{ A}$$

$$X = \text{Reactancia del conductor} = 0,343 \frac{\Omega}{\text{Km}} \times 0,007 \text{ Km}$$

$$X = 0,002401 \Omega$$

$$R_{80} = 0,01498 [1 + 0,00392 (80 - 20)]$$

$$R_{60} = 0,0185 [1 + 0,00392(60)] =$$

$$R_{80} = 0,02286 \Omega$$

$$\Delta V_{80^\circ} = \sqrt{3} \times 0,02286 \times 57,15 \times 0,86 + \sqrt{3} \times 0,002401 \times 57,15 \times 0,456$$

$$\Delta V_{80^\circ \text{C}} = 2,12 \text{ Voltios}$$

Como la tensión nominal es de 440 voltios la caída de tensión es de 0.48% que es aceptable.

3.3 Sala de Dosificación y Galería de Filtros

- Cálculo del Compresor

$$\text{Volumen de aire} = 6 \times 6 \times 3 = 108 \text{ m}^3$$

$$\text{Tiempo de lavado} = 30 \text{ minutos}$$

$$\text{Aire libre a suministrar} = \frac{108}{30} = 3.6 \text{ m}^3/\text{min.}$$

Presión de trabajo (P)

$$P = Pat + K(3 \text{ m H}_2\text{O})$$

Donde:

K = 5 : coeficiente rozamiento de la arena

3mH₂O : es la altura del filtro

$$Pat = 10.33 \text{ m H}_2\text{O}$$

$$P = 10.33 + (3)5 = 25.33 \text{ m H}_2\text{O} = 36 \text{ lb/pulg}^2$$

Luego el compresor debe tener las siguientes características
3.6 m³/min, 36 lb/pulg²

- Cálculos Electricos

Información Básica

Potencia del motor 20HP

Tensión de alimentación 440V

Nºcompresores: 3, uno en cada filtro

Sistema de arranque: estrella-triángulo

Forma de funcionamiento: manual

Parámetros Generales de Diseño

. Como en cada ambiente hay un solo motor de 20HP, en 440V,

no hay necesidad de tablero de distribución.

- , La fabricación de los tableros de control se hará en Lima
- , Los accesorios y dispositivos a usar en la fabricación - deben ser conocidos y existentes en el mercado nacional, ésto facilitará el mantenimiento preventivo y/o correctivo,
- , Los tableros solo necesitan control manual debido a que el funcionamiento de los compresores depende de la turbiedad del agua y este parámetro varía en forma aleatoria.

3.3.1 Cálculo de los Tableros Eléctricos de Control de los Compresores

Cálculo del Seccionador

corriente de línea

$$I_n = \frac{P_n \times 0.746}{\sqrt{3} V_n \cos \phi_n}$$

$$P_n = 20 \text{ HP}$$

$$V_n = 440\text{V}$$

$$\cos \phi = 0.89$$

$$n = 0.9$$

$$I_n = \frac{20 \times 0.746}{\sqrt{3} \times 0.44 \times 0.89 \times 0.9} = 24.441\text{A}$$

$$I_d = 1.5 I_n = 1.5 \times 24.441 = 36.66\text{A}$$

Por lo tanto se usarán bases portafusibles de 50A, con fusibles de 40 Amperios, 600V

- Diagrama unifilar - Plano 1EM 01
- Cálculo del interruptor automático
- Corriente nominal = 24.44A, corriente de diseño = 1.25 x 24.44 = 30.55A
- Corriente de cortocircuito

Como el conductor a usar será 1x 15 mm²

NYY la inductancia será:

$$L = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{D}{r'} \frac{Hr}{m}$$

Por lo tanto la reactancia X_L será

$$X_L = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{D}{r'} \times 377 \frac{\Omega}{m} \times 40m$$

D = Separación entre fases = 7cm = 70mm

$$r' = r \cdot e^{-0.25} = \left(\frac{4.51}{2} \right) e^{-0.25} = 1.7562 \text{ mm.}$$

$$X_L = 2 \times 10^{-7} \ln \left(\frac{70}{1.756} \right) \times 377 \times 40 \Omega = 0.011 \Omega$$

La reactancia referida al lado de alta tensión será

$$X_L = 0.011 \times \frac{10,000^2}{440^2} = 5.682 \Omega$$

$$ICC = \frac{1.1 \times Vn}{\sqrt{3} Z_{\text{Total}}}$$

$$Z_{\text{tot}} = Z_{\text{línea A.T.}} + Z_{\text{transf. A.T.}} + \frac{Z_{\text{Cables}}}{\text{Ref. a A.T.}}$$

$$Z_{\text{tot}} = 0.572 + 4.5 + 5.682 = 10.754 \Omega$$

$$I_{CC_{AT}} = \frac{1.1 \times 10,000}{3 \times 10.54} = 602.54 \text{ AMP}$$

Luego la corriente de cortocircuito en alta tensión será:
de $602.54 \times \frac{10,000}{440} = 13,694.27$

$$I_{CC_{BT}} = 13.70 \text{ KA}$$

- Corriente de Ruptura

$$I_r = \mu_r I_{cc}$$

Donde:

I_r = Corriente de ruptura

I_{cc} = Corriente de cortocircuito

μ_r = depende del retardo de la interrupción del circuito y de la relación I_{cc}/I_n

I_n = Corriente nominal

Segun cálculos previos:

$$I_n = 24.44 \text{ A}$$

$$I_{cc} = 13.70 \text{ KA}$$

Luego $I_{cc}/I_n = 13.70 \text{ KV}/24.4 \text{ A} = 561.5$

En la tabla 3.2 se tiene que $\mu_r = 0.74$

$$I_r = \mu_r I_{cc} = 0.74 \times 13.74 = 10.2 \text{ KA}$$

Interrupcion Comercial

Con los datos obtenidos en los cálculos anteriores:

$I_n=24.4 \text{ A}$ $I_d= 30.55 \text{ A}$, $I_{cc}=13.70 \text{ KA}$, $V_n=440 \text{ V}$, $I_r=10.2 \text{ KA}$

En el catálogo del fabricante seleccionamos el interruptor termomagnético general electric tipo TEC In=30 A, - Irup,sim = 10KA

- Cálculo del arrancador estrella-triángulo

Usaremos el sistema de arranque estrella triángulo, el que ofrece la ventaja de la reducción de la corriente en un 58% sin necesidad de equipo adicional, con lo cual se obtiene bajos costos y elevada confiabilidad.

- Contactor para la conexión principal

$$I_{\text{diseño}} = 1.25 \left(\frac{I_n}{\sqrt{3}} \right) = 1.25(24.44) = 30.55A$$

El contactor a usar será de: In = 50A, Vn = 440V, 60 HZ, trifásico

- Contactor para la conexión triángulo

Idéntico al contactor principal ya que ambos son recorridos por la misma corriente.

- Contactor para la conexión estrella

$$I_{\text{diseño}} = \frac{I_{\text{contactor en triángulo}}}{\sqrt{3}} = \frac{30.55}{\sqrt{3}}$$

$$= 17.63A$$

El contactor a usar sera de: 25 Amp, 440V, trifásico 60 HZ.

Relee Térmico

$$I_n \text{ relee Térmico} = \frac{I_n \text{ línea}}{\sqrt{3}} = \frac{24,44}{\sqrt{3}} = 14,11A$$

El relee a usar tendrá un rango de regulación de 10-20 AMP, 600 voltios, trifásico 60HZ

Instrumentos de Medición

- 2 transformadores de corriente 30/5, para baja tensión 440 voltios, clase 1
- Conmutador amperimétrico R-S-T-0
- Amperímetro 0-5-A
- Base tripolar DZ-25 para protección circuito voltímetro de los instrumentos de medida con fusible de 2A
- 2 transformadores de tensión 440/220 clase 1 ,50W.
- Conmutador voltimétrico RS-ST-TR-0
- Voltímetro con escala 0-600 voltios
- Kilovatímetro trifásico de escala 0-20 KWatts.
con bobina de corriente de 5A
con bobina de tensión de 220V
- Horometro, para 220V
- Luces de funcionamiento normal y parada por accionamiento de releé.

3.3.2 Cálculo y Diseño del Circuito de Fuerza

Cable Alimentador de los Compresores

Los conductores para alimentar a 2 o más motores deben de ser de calibre suficiente para una corriente no menor del 125% de la corriente a plena carga del motor - de mayor potencia del grupo más la suma de las corrientes a plena carga de los demás motores cuando los motores no funcionan simultáneamente a plena carga se podrá aplicar el factor de demanda correspondiente.

- Corriente nominal de cada motor

$$I_n = \frac{1}{\sqrt{3} V \cos \phi} = \frac{20 \times 0.746}{\sqrt{3} 0.44 \times 0.89} = 21.99A$$

Factores de corrección

- Corrección por Temperatura del Terreno

Segun la tabla 2-XXXI del Código Nacional de Electricidad $K_T = 0.91$ para una temperatura del suelo de $30^\circ C$, ya que el cable irá enterrado directamente.

- Corrección resistividad térmica del suelo

La composición del suelo donde está ubicada la planta es de arena y arcilla con piedras pequeñas, simi-húmedo correspondiendole una resistividad térmica de $120 \frac{^\circ C \cdot cm}{Watts}$ lo que segun la tabla 2 XXXII del C.N.E le corresponde $K = 0.92$

- Corrección por la proximidad de otros cables tendidos bajo el suelo

El sistema a usar es con cables unipolares tipo NY Y como tenemos una sola terma con un espaciamiento de 8 cm entre fases $K = 1$

Factor de Demanda

Tramo 2-3 $fd = 1$

Tramo 1-2 $fd = 1$

Tramo 0-1 $fd = 0.7$

Corrientes de Diseño

Tramo 2-3

$$Id = \frac{1.25 (21.99)}{K1K2K3} = fd$$

$$Id = \frac{1.25 \times 21.99 \times 1}{0.91 \times 0.92 \times 1} = 32.83$$

El conductor aparente para este tramo es : NY Y

$$3 \times 1 \times 10 \text{ mm}^2$$

Tramo 1-2

$$Id = \frac{1.25(21.99) + 21.99}{0.91 \times 0.92 \times 1} = 1.0 = 59.11$$

El conductor aparente para este tramo es:

$$\text{NY Y } 3 \times 1 \times 16 \text{ mm}^2$$

Tramo 0-1

$$I_d = \frac{1.25 \times 21.99 + 21.99 + 21.99}{0.91 \times 0.92 \times 1} \times 0.7 = 85.39$$

El conductor aparente para éste tramo es:

$$NYY \ 3 \times 1 \times 16 \text{ mm}^2$$

Número de Cables por Fase

Tal como se analizó en los cables de la Sala de Bombas de Agua tratada y la cámara de Bombeo de Desagües, el número óptimo de conductores por fase está comprendido entre 1 y 2.

Siendo el factor determinante el número de etapas de la obra, ésto a fin de abaratar la inversión inicial.

El centro de carga no está concentrado en un solo punto - sino que la carga está distribuida en 3 puntos y para llegar al 3o obligatoriamente se debe de pasar por el 1° y 2° ésto obliga a que la implementación de los cables se haga en una sola etapa y usando un cable unipolar por cada fase.

Caída de Tensión

$$\Delta V = \sqrt{3} I (r_{80} l) \cos \theta + \sqrt{3} (Xl) I \sin \theta$$

Donde:

I = Corriente nominal

r₈₀ = Resistencia del conductor a 80°C

l = Longitud del tramo

$\cos \theta$ = factor de potencia de la carga = 0.89

X = Reactancia del conductor en Ω/m

$$r_{80} = r_{20} [1 + \alpha \Delta T]$$

r_{20} = Resistencia del conductor a 20°C

α = Coeficiente de variación de resistencia del cobre
con la temperatura = $0.00393/^\circ\text{C}$

Para $S = 16 \text{ mm}^2$

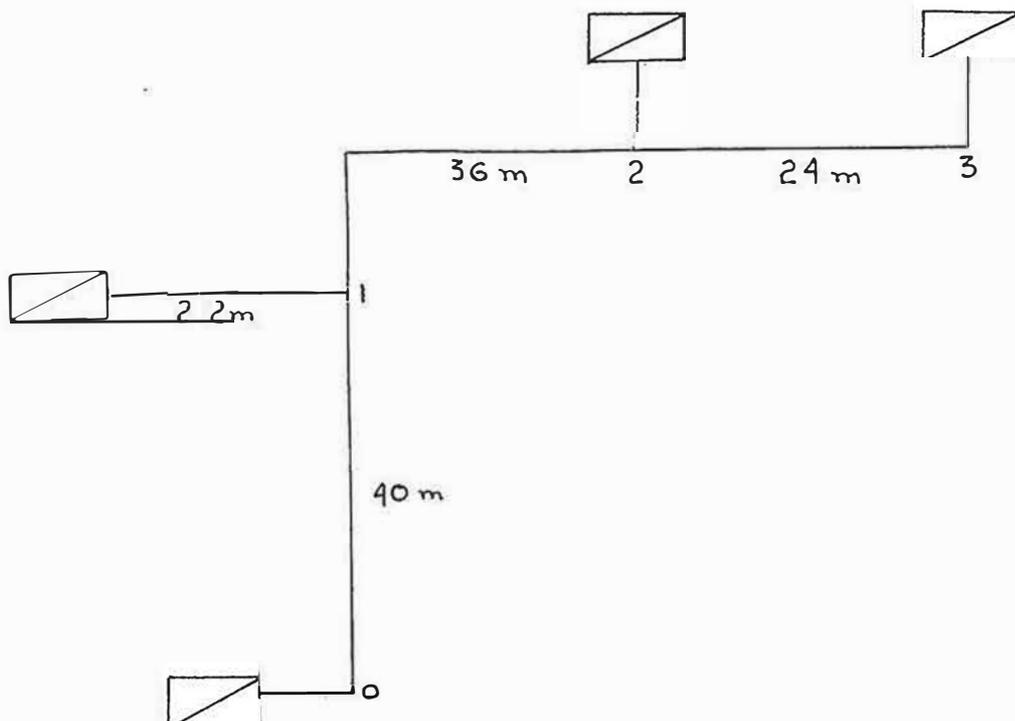
$$r_{80} = 1.35 \times 10^{-3} \frac{\Omega}{m} [1 + 0.00392 (80 - 20)]$$

$$r_{80} = 1.67 \times 10^{-3} \frac{\Omega}{m}$$

Para $S = 10 \text{ mm}^2$

$$r_{80} = 2.14 \times 10^{-3} [1 + 0.00392 (80 - 20)]$$

$$r_{80} = 2.64 \times 10^{-3} \frac{\Omega}{m}$$



CUADRO N° 3.16

| PUNTO | CARGA NOMINAL | S ₂ mm ² | r80 Ω/m | X Ω/m | LONG m | R(80°C) Ω | X Ω |
|-------|---------------|-----------------------------------|-----------------------|------------------------|-----------|--------------|---------|
| 1 | 66 | 16 | 1.67x10 ⁻³ | 0.319x10 ⁻³ | 40 | 0.0668 | 0.01276 |
| 2 | 44 | 16 | 1.67x10 ⁻³ | 0.319x10 ⁻³ | 36 | 0.0601 | 0.0115 |
| 3 | 22 | 10 | 2.64x10 ⁻³ | 0.343x10 ⁻³ | 24 | 0.0634 | 0.0083 |

Luego $\Delta V = \sqrt{3} I [R \times 0.89 + X \times 0.456]$

| PUNTO | ΔV(VOLT) | ΔV | % |
|-------|----------|---------|------|
| 1 | 7.476 | 7.4614 | 1.69 |
| 2 | 4.475 | 11.9374 | 2.71 |
| 3 | 2.294 | 14.2314 | 3.23 |

3.4 Alumbrado General de la Planta

3.4.1 Generalidades

Las áreas no construidas de la planta está constituida por áreas verdes semejanado un parque o jardín lo que implica la iluminación de arboles, arbustos, fuentes etc.

El objeto esencial de la iluminación es el de dar seguridad a la planta eliminando zonas oscuras y en menor grado acentuar la belleza.

El cálculo realizado es según las disposiciones y prescripciones del Código Nacional de Electricidad y las normas del Ministerio de Energía y Minas DGE-017-A1-1/1982.

- Las luminarias a usar son del tipo BIH-83 en lámparas de 250W
- Pérdidas en los accesorios de c/lámpara 20W
- Los pastores serán del tipo Sucre C.
- Las lámparas a usar serán de luz mixta de 250 Watts
- La altura de montaje (h) de las luminarias serán de 8.5m
- El cálculo se ha realizado empleando el método del flujo luminoso
- Iluminación recomendada por las normas del MEM-DGE-

17-A1-1/1982, para la iluminación general de jardines es de 5 lux.

- Rendimiento de una lámpara 29 lumen /Watts
- fm x fu de 0.7
- Rendimiento en superficie de trabajo $28 \times 0.7 = 25.2$ lumen.

3.4.2 Número de Equipos de Iluminación

$$N = \frac{5 \text{ lumenes}}{\text{m}^2} \times 24,784 \text{ m}^2 \times \frac{\text{Watt}}{25.5 \text{ Tumen}} \times \frac{\text{Lampara}}{250 \text{ Watts}}$$

$$N = 19 \text{ lámparas}$$

3.4.3 Circuito de Alumbrado

Tabla 3.17

TABLA 3.17

| PUNTO | POTENCIA POR PUNTO | Pi | f.s | IDISEÑO A | S mm ² | L m | I NOMINAL A | ΔV VOLT. | ΔV VOLT. |
|-------|-----------------------|-------|-----|--------------|----------------------|--------|----------------|-------------|-------------|
| 1 | - | 5,130 | 1 | 18.7 | 25 | 8 | 14.9 | 0.133 | 0.133 |
| 2 | - | 3,510 | 1 | 12.8 | 25 | 22 | 10.2 | 0.249 | 0.382 |
| 3 | - | 2,970 | 1 | 10.8 | 25 | 64 | 8.7 | 0.619 | 1.001 |
| 4 | 270 | 1,620 | 1 | 5.9 | 25 | 44 | 4.7 | 0.230 | 1.231 |
| 5 | 270 | 1,350 | 1 | 4.9 | 25 | 28 | 3.9 | 0.121 | 1.352 |
| 6 | 270 | 1,080 | 1 | 3.9 | 10 | 28 | 3.1 | 0.241 | 1.593 |
| 7 | 270 | 810 | 1 | 2.9 | 10 | 28 | 2.4 | 0.187 | 1.780 |
| 8 | 270 | 540 | 1 | 1.9 | 10 | 28 | 1.6 | 0.124 | 1.904 |
| 9 | 270 | 270 | 1 | 1.0 | 10 | 26 | 0.8 | 0.058 | 1.962 |

TABLA 3.17

| PUNTO | POTENCIA POR PUNTO | Pi | f.s. | I DISEÑO A | S ₂ mm ² | L m | I NOMINAL A | ΔV VOLT. | ΔV VOLT. |
|-------|-----------------------|-------|------|---------------|-----------------------------------|--------|----------------|-------------|-------------|
| 1.1 | 270 | 1,620 | 1 | 5.9 | 10 | 48 | 4.7 | 0.627 | 0.627 |
| 1.2 | 270 | 1,350 | 1 | 4.9 | 10 | 28 | 3.9 | 0.304 | 0.931 |
| 1.3 | 270 | 1,080 | 1 | 3.9 | 10 | 28 | 3.1 | 0.241 | 1.172 |
| 1.4 | 270 | 810 | 1 | 2.9 | 10 | 24 | 2.4 | 0.160 | 1.332 |
| 1.5 | 270 | 540 | 1 | 1.9 | 10 | 40 | 1.6 | 0.178 | 1.510 |
| 1.6 | 270 | 270 | 1 | 1.0 | 10 | 28 | 0.8 | 0.06 | 1.570 |
| 2.1 | 270 | 540 | 1 | 1.9 | 10 | 10 | 1.6 | 0.044 | 0.044 |
| 2.2 | 270 | 270 | 1 | 1.0 | 10 | 28 | 0.8 | 0.06 | 0.104 |
| 3.1 | 270 | 1,350 | 1 | 4.9 | 10 | 8 | 3.9 | 0.087 | 0.087 |
| 3.2 | 270 | 1,080 | 1 | 3.9 | 10 | 28 | 3.1 | 0.241 | 0.345 |
| 3.3 | 270 | 810 | 1 | 2.9 | 10 | 28 | 2.4 | 0.187 | 0.532 |
| 3.4 | 270 | 540 | 1 | 1.9 | 10 | 28 | 1.6 | 0.125 | 0.657 |
| 3.5 | 270 | 270 | 1 | 1.0 | 10 | 28 | 0.8 | 0.06 | 0.717 |

La caída de tensión se ha calculado en la fórmula:

$$\Delta V = 0.0309 \frac{I \times L}{S} \cos \theta$$

Considerando un $\cos \theta = 0.9$

$$\Delta V = 0.0278 \frac{I \times l}{S}$$

Donde:

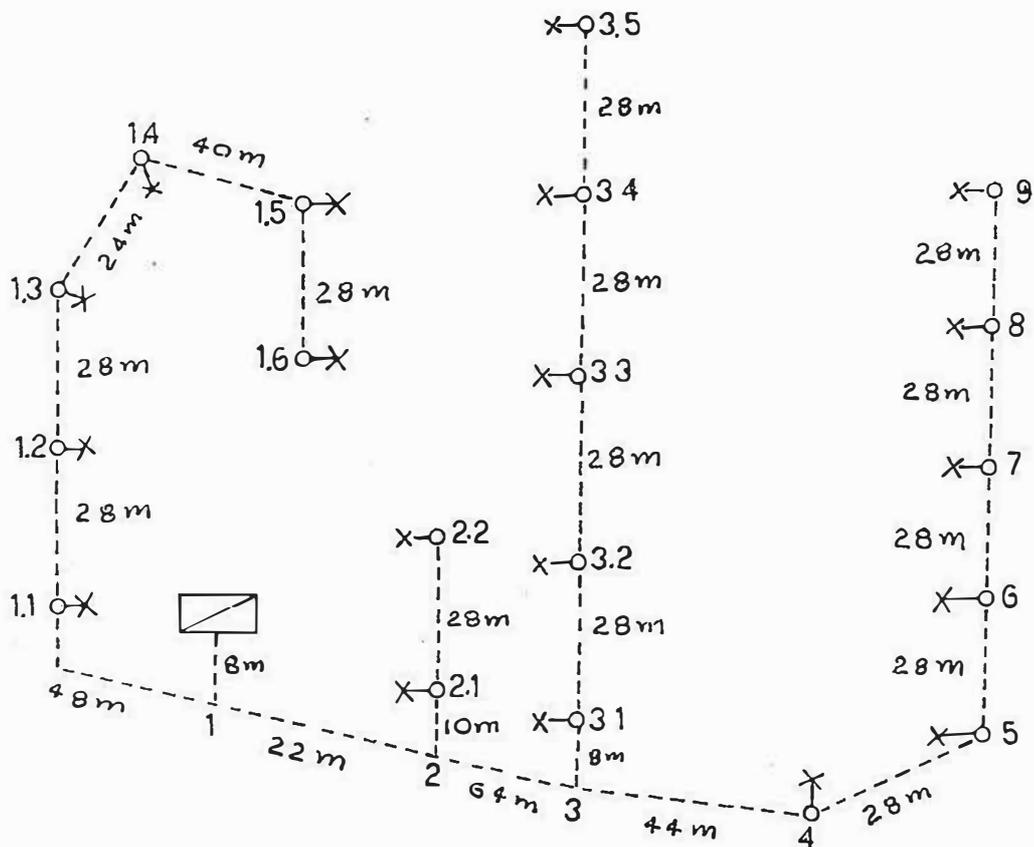
I = Es la corriente nominal del conductor

l = Distancia recorrida por I

S = Es la sección del cable

Por ejemplo para el punto 1.

$$\Delta V = 0.0278 \times \frac{14.9 \times 8}{25} = 0.133$$



La caída de tensión permisible en los circuitos de alumbrado es el 1% o sea 2.2 voltios, en la tabla anterior - observamos que la caída de tensión máxima es de 1.962 - voltios.

3.5 Cálculo y Diseño de los Circuitos de Distribución en 220V

3.5.1 Cálculo del Alimentador de la Sala de Bombas

- Area techada: 129 m^2
- Potencia instalada: $30 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \times 129 \text{ m}^2 = 3,870 \text{ W}$
- Máxima demanda: $3870 \times 0.5 = 1935\text{W}$
- Longitud: 60m
- Corriente nominal

$$I_n = \frac{PN}{V_n \times 0.9} = \frac{1935}{220 \times 0.9} = 9.77\text{A}$$

- Corriente de diseño

$$I_d = 1.25 \quad I_n = 9.77 \times 1.25 = 12.21\text{A}$$

- Factores de corrección
- Por temperatura del terreno
Segun CNE tabla 2 XXXI $K_1 = 0.96$
- Por resistividad térmica del suelo
Segun CNE tabla 2XXXII $K_2 = 0.92$
Para una resistividad de 120°C m/W
- Por proximidad de otros cables bajo el suelo
Segun CNE tabla 2XXXIV $K_3 = 0.82$

- Corriente Aparente

$$I = \frac{12.21}{0.96 \times 0.92 \times 0.82} = 16.86A$$

- Sección del cable a usar será del tipo NYY unipolar con formación triplex $3 \times 1 \times 10 \text{ mm}^2$
- Caída de Tensión

$$\Delta V = (RI \cos \phi + XI \sin \phi) l$$

Donde:

$$R = 0.00214 \frac{\Omega}{m}$$

$$X = 0.0044 \frac{\Omega}{m}$$

$$\cos \phi = 0.9$$

$$I = 12.21A$$

$$l = \text{Longitud cable } 120m.$$

$$\Delta V = Il (R \cos \theta + X \sin \theta)$$

$$\Delta V = 12.21 \times 120 \times (0.00214 \times 0.9 + 0.00344 \times 0.436)$$

$$\Delta V = 5.02 \text{ Volt.}$$

$$\Delta V = \frac{5.02}{220} \times 100 = 2.27\%$$

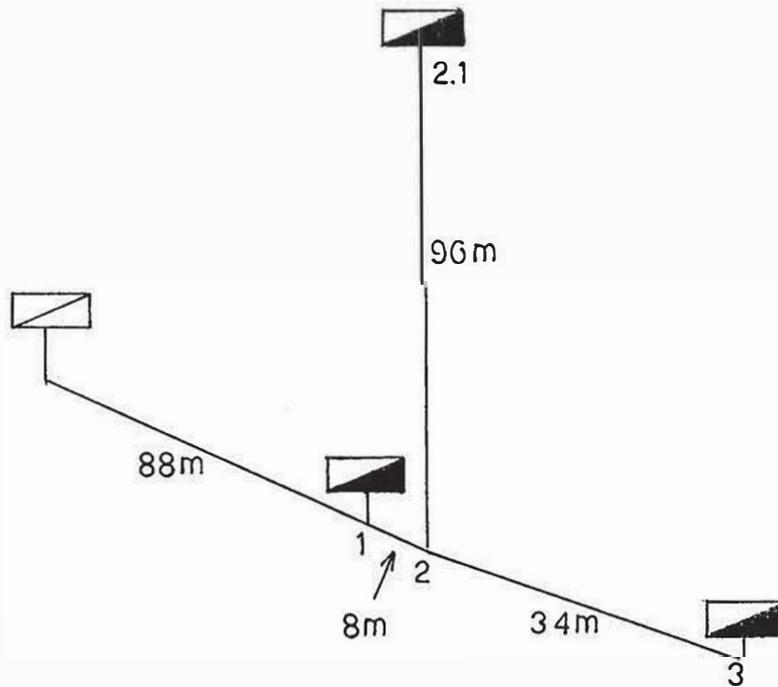
Segun el acápite 3.13 del CNE la caída de tensión en los cables alimentadores no excedera el 5% de la tensión nominal.

3.5.2 Cálculo del Alimentador de las Viviendas de la Planta

En la planta existen 3 viviendas:

- . Jefe de planta
- . Guardian
- . Casa de huéspedes

DIAGRAMA DE CARGA



Corriente Aparente

Para calcular la corriente aparente se tiene que tener en cuenta los siguientes factores de corrección

- Por temperatura del terreno $K1 = 0.96$
- Por resistividad térmica del suelo $K2 = 0.92$
- Por proximidad de otros cables $K3 = 0.82$
- El factor equivalente será: $0.96 \times 0.92 \times 0.82 = 0.72$

Cálculo de la caída de Tensión

$$\Delta V = \sqrt{3} RI \cos \theta + \sqrt{3} IX \sin \theta$$

$$\Delta V = \sqrt{3} r_l I \cos \theta + \sqrt{3} X_l I \sin \theta$$

$$\Delta V = \sqrt{3} I l [r \cos \theta + X \sin \theta]$$

Donde:

I = Corriente nominal

l = Longitud del tramo

COS θ = Factor de potencia de la carga = 0.9

SEN θ = 0.436

De tabla de fabricante de cables INDECO se tiene:

| SECCION | r OHMIOS/m | X OHMIOS/m |
|--------------------|---------------|---------------|
| 10 mm ² | 0.00214 | 0.000343 |
| 16 mm ² | 0.00135 | 0.0000319 |

Para luego la caída de tensión

Para el cable de 10 mm²:

$$\Delta V = \sqrt{3} \ I l \ (0.00214 \times 0.9 + 0.000344 \times 0.436) = 3.598 \times 10^{-3} \ I l$$

Para el cable de 16 mm²

$$\Delta V = \sqrt{3} \ I l \ (0.00135 \times 0.9 + 0.000319 \times 0.436)$$

$$\Delta V = 2.345 \times 10^{-3} \ I l$$

El resumen de cálculos está en el cuadro siguiente:

CUADRO N° 3.18

| PUNTO | P WATT. | Σ P WATT. | CORRIEN. NOMINAL AMP | FACTOR CORRECC K | CORRIE. APARENTE AMP | LONGITUD m | SECCION CABLE mm ² | ΔV VOLT. | Σ ΔV | % |
|-------|------------|--------------|----------------------------|------------------------|----------------------------|---------------|-------------------------------------|-------------|-------|-----|
| 1 | 800 | 6,400 | 23.3 | 0.72 | 32.4 | 88 | 16 | 4.81 | 4.81 | 2.2 |
| 2 | - | 5,600 | 20.5 | 0.72 | 28.47 | 8 | 16 | 0.38 | 5.19 | 2.4 |
| 3 | 800 | 800 | 3.0 | 0.72 | 4.2 | 34 | 16 | 0.24 | 5.43 | 2.5 |
| 2 | - | 4,800 | 13.99 | 0.72 | - | - | - | 5.19 | 5.19 | 2.4 |
| 2.1 | 4,800 | 4,800 | 13.99 | 0.72 | 19.4 | 96 | 10 | 4.83 | 10.02 | 4.6 |

3.5.3 Cálculo del Alimentador del Laboratorio y Sala de Clo- rinación

- Area techada 75.44 m^2

De acuerdo al Código Eléctrico del Perú se tiene:

$$P_i = 75.44 \times 30 = 2,263.2\text{W}$$

- Herramientas y Equipos de Laboratorio

$$P_i = 24 \text{ HP} \times 746 = 17,158\text{W}$$

- La carga total instalada será

$$P_{i_{\text{tot}}} = 2,263.2 + 17,158 = 19,421.2\text{W}$$

- Máxima Demanda

Como todos los equipos de laboratorio no funcionan a la vez se considera un factor de demanda de 0.6

$$MD = 19,421.2 \times 0.6 = 11,647.2\text{W}$$

- Corriente Nominal

$$I_n = \frac{11,647.2}{\sqrt{3} \times 220 \times 0.9} = 33.96\text{A}$$

$$I_d = 1.25 \times I_n = 42.45\text{A}$$

- Corriente Aparente

Los factores de corrección a tener en cuenta son:

- Por temperatura del terreno $K_1 = 0.96$

- Por resistividad térmica del ancho de $120^\circ \frac{C \times C_m}{W}$
 $K_2 = 0.92$

- Por proximidad de otros cables $K_3 = 0.82$

- El factor equivalente = 0.72

Luego la corriente aparente será

$$I_a = \frac{42.45}{0.72} = 56.96A$$

La sección del cable a usar es de 16 mm^2 cuyas características según información técnica del fabricante

$$r = 0.00135 \Omega /m$$

$$x = 0.000319 \Omega /m$$

Cálculo de la caída de tensión

$$\Delta V = \sqrt{3} r I l \left[r \cos \theta + X \sin \theta \right]$$

Donde:

$$I = 42.45A$$

$$l = 64m$$

r, X datos del cable

$$\Delta V = \sqrt{3} \times 42.45 \times 64 \times \left[0.000135 \times 0.9 + 0.000319 \times 0.436 \right]$$

$$\Delta V = 6.37 \text{ Volt.}$$

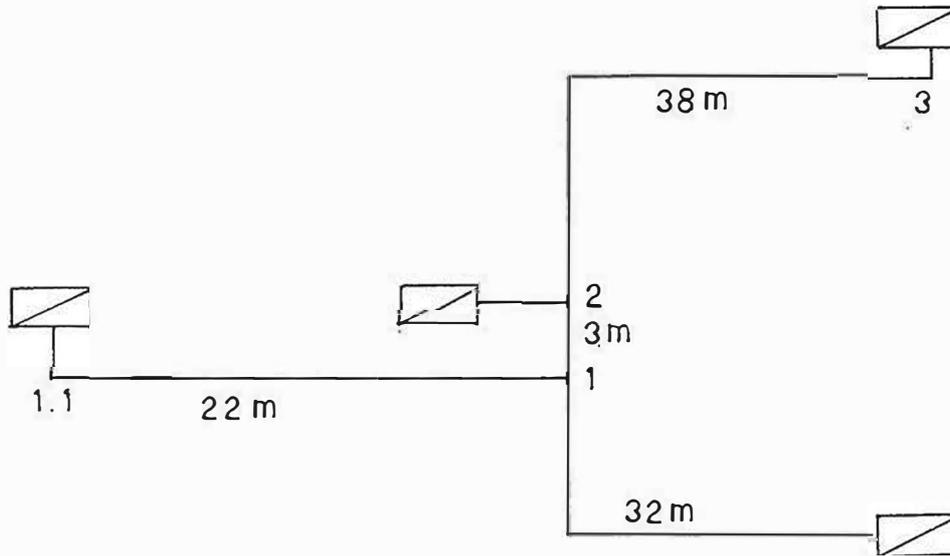
La máxima caída de tensión admisible según el CNE artículo 4.1.3 es del 5%, o sea 11V.

Como $6.37 < 11$ el cable es el correcto.

3.5.4 Cálculo del Alimentador de la Sala de Dosificación y Galería de filtros

Existen 3 salas de dosificación

DIAGRAMA DE CARGA



Area Techada

$$S = 272 \text{ m}^2$$

Potencia Instalada

$$P_i = 30 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \times 272 \text{ m}^2 = 8,160 \text{ W}$$

Máxima Demanda

$$M_D = 3000(1) + 0.35(8160) = 4,806 \text{ W}$$

Carga Aparente

Factores de corrección:

- Por temperatura del terreno $K_1 = 0.96$
- Por resistencia térmica del suelo $K_2 = 0.92$
- Por proximidad de otros cables $K_3 = 0.82$
- Factor equivalente : $0.96 \times 0.92 \times 0.82 = 0.72$

Caída de Tensión

$$\Delta V = \sqrt{3} I_n l [r \cos \theta + X \text{ SEN } \theta]$$

Donde:

I_n = Corriente nominal

l = Longitud del tramo

$\cos \theta = 0.9$

$\text{SEN } \theta = \text{arc } \cos 0.9 = 0.436$

CUADRO N°3.19

| PUNTO | MAXIMA DEMANDA (WATTS.) | MD (WATT.) | CORRIEN. NOMINAL (A) | FACTOR CORRIEN. (K) | CORRIEN. APARENTE (A) | LONGITUD TRAMO (m) | SECCION CABLE (mm ²) | CAIDA TENSION (VOLT) | Σ AV (VOLT.) | % |
|-------|--------------------------|------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|----------------------------------|----------------------|--------------|------|
| 1 | - | 14,488 | 42.04 | 0.72 | 58.39 | 32 | 70 | 0.93 | 0.93 | 0.43 |
| 2 | 4,806 | 9,612 | 28.03 | 0.72 | 38.93 | 3 | 35 | 0.10 | 1.03 | 0.47 |
| 3 | 4,806 | 4,806 | 14.02 | 0.72 | 19.47 | 38 | 35 | 0.62 | 1.65 | 0.75 |
| 1 | - | - | - | - | - | 0 | 0 | - | 0.93 | 0.43 |
| 1.1 | 4,806 | 4,806 | 14.02 | - | 19.47 | 22 | 35 | 0.36 | 1.29 | 0.59 |

CAPITULO IV

DISEÑO DEL SUMINISTRO DE ENERGIA ELECTRICA

4.1 Línea de Transmisión de Energía Eléctrica

4.1.1 Condiciones de Diseño

- Normas

Se aplicarán en los diferentes cálculos las disposiciones del Código Nacional de Electricidad, tomos I, IV, normas ITINTEC y en complemento las diferentes normas internacionales y los criterios de Ingeniería de práctica común.

- Distancias mínimas de Seguridad

Altura sobre el piso

| | |
|--|--------|
| . A lo largo de la calle | 5.50 m |
| . En cruce con calles, callejones y caminos vecinales | 6.00 m |
| . En cruce de carretera | 7.00 m |
| . Espacios no transitados por vehículos | 4.5 m |
| . Distancia mínima entre conductores en sus soportes y en cualquier punto del vano | 0.40 m |
| . Separación mínima a cables de retención | 0.15 m |
| . Separación mínima del conductor a las líneas de telecomunicaciones | 1.8 m |

- . Separación mínima en cualquier dirección de los conductores a postes y crucetas 0.10 m
- Factores de Seguridad
 - . Conductor de cobre desnudo con relación a la carga máxima y temperatura mínima (2° Hip.)
 - . Conductor de cobre desnudo a las condiciones de templado (1° Hip.)
- Temperatura y Cargas
 - . Temperatura máxima 50°C
 - . Presión superficial proyectada 15.12 kg/m²

4.1.2 Cálculos Eléctricos

- Información Básica

| | |
|------------------------------|----------------------------------|
| Longitud de la línea | 3000 m |
| Tensión entre fases | 10 kV |
| Frecuencia | 60 Hz |
| Factor de Potencia en atraso | 0.8 |
| Número de ternas | 1 |
| Conductor | cobre |
| Temple | duro |
| Calibre | 21.15 mm ² (4 AWG) |
| Diámetro (ϕ_C) | 5.189 mm |
| Resistencia a 20°C | 0.822 Ω /km |
| Configuración de la línea | |

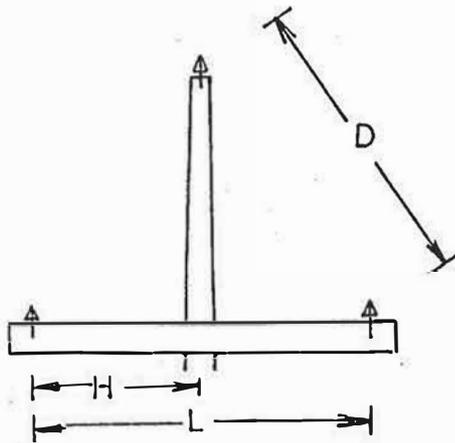


Fig. 4.1

Prescripciones del C.N.E.

- La separación mínima en sus soportes y en cualquier punto del vano para tensiones inferiores o igual a 11 kV: 0.4m
- La separación mínima en metros a la mitad del vano deberá ser el valor dado por la siguiente fórmula para conductores menores de 35 mm²

$$D = 0.0076 \times U \times F_h + 0.65 \sqrt{f - 0.60}$$

donde:

D = distancia mínima entre fases a mitad del vano

U = tensión entre fases 10 kV

F_h = factor de corrección por altitud

F_h = 1 + 1.25 (H-1000) x 10⁻⁴ = 1 para redes ubicadas de bajo de los 1000 m.s.n.m.

f = flecha máxima a 50°C = 0.69 m

$$D = 0.0076 \times 10 \times 1 + 0.65 \sqrt{0.69 - 0.60} = 0.68$$

como la distancia proporcionada por II es mayor que I es la que adoptamos.

Distancia Horizontal al Centro de la Cruceta

$$H = 0.0076 U_n + 0.5521 K \sqrt{f}$$

donde: K = constante (condiciones del ambiente)

f = flecha máxima = 0.6782 m

$$H = 0.0072 \times (10) + 0.5521 (1) \times \sqrt{0.6782} = 0.531 \text{ m}$$

Elegimos crucetas de 1.20, siendo la disposición la que se muestra.

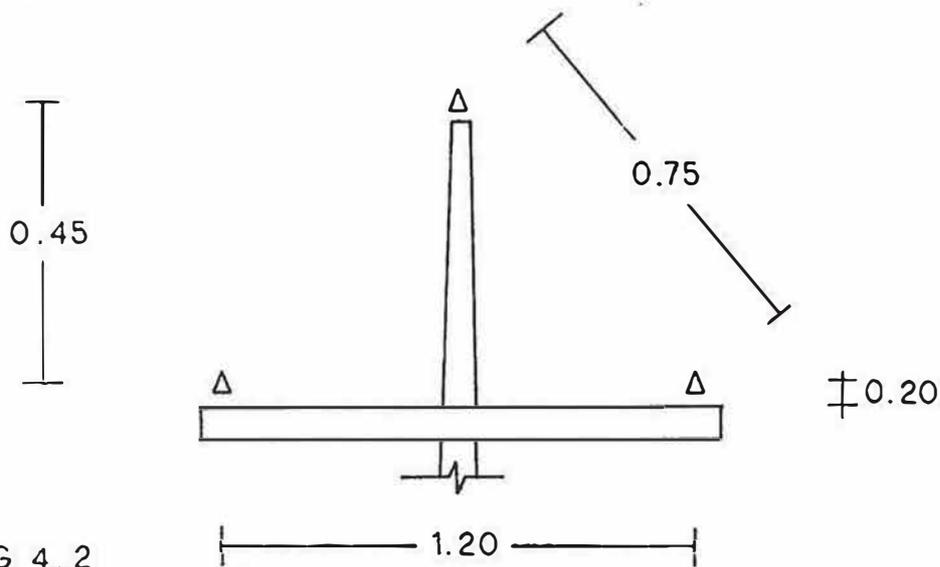


FIG 4.2

Cálculo de la Reactancia Inductiva

$$X_L = 2 \times 10^{-7} \ln \frac{D_{eq}}{r'} \times 377 \frac{\Omega}{m} \times \frac{10^3 \text{ m}}{K \text{ m}}$$

Donde:

$$D_{eq} = \sqrt[3]{D_{12} \times D_{13} \times D_{23}} = \sqrt[3]{0.75 \times 1.2 \times 0.75} = 0.8772 \text{ m}$$

$$D_{eq} = 877.205 \text{ mm}$$

$$r' = e^{-0.25} r$$

$$r = \text{radio del conductor} = 2.595 \text{ mm}$$

$$r' = e^{-0.25} \times 2.595 \text{ mm}$$

$$r' = 2.021 \text{ mm}$$

$$X_L = 2 \times 10^{-7} \times \ln \left(\frac{877.205}{2.021} \right) \times 377 \times 10^3$$

$$X_L = 0.4579 \frac{\Omega}{\text{km}}$$

Cálculo de la caída del voltaje

$$\Delta V = \sqrt{3} (RI \cos \phi + XI \sin \phi)$$

donde:

R = Resistencia del conductor a 80°C

$$R_{80} = R_{20} (1 + 0.00392 (\Delta t))$$

R₂₀ = Resistencia del conductor a 20°C

$$R_{20} = 0.822 \frac{\Omega}{\text{Km}}$$

$$R_{80} = 0.822 \frac{\Omega}{\text{Km}} (1 + 0.00392(50-20)) = 0.9187 \frac{\Omega}{\text{Km}}$$

L = Longitud de la línea = 3.0 Km

Cos ϕ = 0.89 = Factor de potencia de la carga

sen ϕ = 0.45596

- Corriente de Diseño

$$I = 1.25 \frac{P}{\sqrt{3} V \cos \phi} = 125 \times \frac{589.133}{\sqrt{3} \times 10,000 \times 0.89} = 53.15 \text{ A}$$

- Factor de corrección por temperatura ambiente

según tabla 2- XI del C.N.E K=0.92

$$I_d = \frac{53.15}{0.92} = 57.77 \text{ A}$$

Luego

$$\Delta V = \sqrt{3} \left(0.9187 \frac{\Omega}{\text{Km}} \times 53.5 \text{ A} \times 3 \text{ Km} \times 0.89 + 0.4579 \right.$$

$$\left. \frac{\Omega}{\text{Km}} \times 3 \text{ Km} \times 53.15 \text{ A} \times 0.45596 \right)$$

$$\Delta V = 284.961$$

$$\Delta V = 2.84 \%$$

Perdida de Potencia

$$\Delta P = 3 I^2 R L$$

donde $I = 53.15 \text{ A}$

$$R = 0.9187 \frac{\Omega}{\text{Km}}$$

$$L = 3 \text{ Km}$$

$$\Delta P = 3 \times 53.15^2 \times 0.9187 \frac{\Omega}{\text{Km}} \times 3 \text{ Km} = 23.36 \text{ KW}$$

$$\Delta P \% = \frac{23.36}{P} = 100$$

$$P = \sqrt{3} V I \cos \phi$$

$$P = \sqrt{3} \times 10,000 \times 53.15 \times 0.89 = 819.32 \text{ KW}$$

$$\Delta P = \frac{23.36}{819.32} \times 100 = 2.85 \%$$

Dimensionamiento de los Aisladores

De acuerdo al código Nacional de Electricidad los aisladores aportarán una tensión bajo lluvia a la frecuencia de servicio.

$$V_c = 2.1 (V + 5)$$

$$V_c = 2.1 (10 + 5)$$

$$V_c = 31.5 \text{ KV}$$

donde $V =$ Tensión nominal de servicio en KV.

$V_c =$ Tensión disruptiva bajo lluvia

Longitud de la línea de fuga (L)

$$L \text{ (cm)} = \frac{m V}{\sqrt{\delta}}$$

donde m = Coeficiente de suciedad

= 2.6 para zona de viento polvoriento

V = Tensión nominal = 10 KV

δ = densidad relativa del aire = 0.953

$$L = \frac{2.6 \times 10}{\sqrt{0.953}} = 26.63 \text{ cm}$$

$$L = 10.5 \text{ pulg}$$

Carga de Rotura (Q)

Para ángulos comprendidos entre 0° y 30°

sabemos que

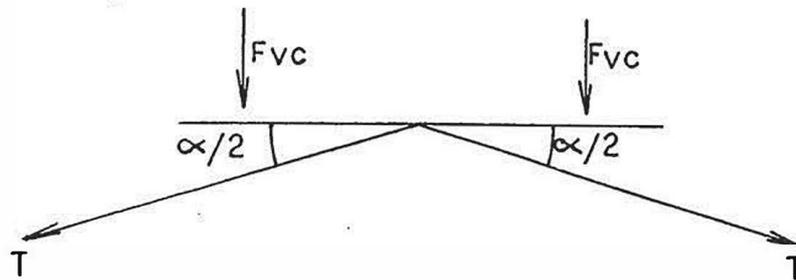


FIG 4.3

$$F_p = F_{vc} + T_c$$

donde:

F_{vc} = Fuerza del viento sobre los conductores

$$F_{vc} = 2 \left(\frac{L}{2} P_v \phi \right) \cos \frac{\alpha}{2}$$

Donde:

P_v = Presión del viento en Kg/m^2

$$P_v = 0.0042 V^2 \text{ Kg/m}^2$$

V = Velocidad del viento = 60 Km/h

$$P_v = 0.0042 \times 60^2$$

$$P_v = 15.12 \text{ Kg/m}^2$$

L = Longitud del vano promedio = 70 m

\emptyset = Diámetro del conductor = 0.005189 m

Tc = Tiro de trabajo

$$T_c = 2 T \text{ sen } \alpha / 2$$

T = Tiro máximo de trabajo = 325.67 Kg

$$\text{Luego: } F_{vc} = 70\text{m} \cdot 15.12 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} \times 0.005189 \text{ m} \cos \frac{\alpha}{2} + 2$$

$$(325.67) \text{ kg} \times \text{sen } \frac{\alpha}{2}$$

α = entre 0 y 30°

$$F_{vc} = 5.492 \text{ Kg para } \alpha = 0^\circ$$

$$F_{vc} = 168.14 \text{ Kg para } \alpha = 30^\circ$$

luego

$$Q = C_S F_{vp}$$

C_S = Coeficiente de seguridad para los aisladores=3

$$Q = 3 \times 168.14 = 504.42 \text{ kg}$$

$$Q = 1,109.72 \text{ Libras}$$

Del catálogo L.T.H.T. LINE PORCELAIN INSULTORS

Seleccionamos aislador EEI NEMA clase 55.5

cuyas características principales son:

- Tensión disruptiva con onda
normalizada de $1/50 \mu s$ + 140 KV, -170 KV
- Tensión disruptiva en seco 85 KV
- Tensión disruptiva bajo lluvia 45 KV
- Tensión de preparación 115 KV
- Carga de rotura 3000 Libras
- Línea de fuga 12 Pulgadas

Para ángulos comprendidos entre 30° y 90°

$$F_e = F_{vc} + T_c$$

aplicando la misma fórmula que en el caso anterior se tiene que

$$F_e = 329.55 \text{ Kg para un ángulo } \alpha = 90^\circ$$

$$Q = 3 \times 329.55 \text{ Kg} =$$

$$Q = 988.65 \text{ Kg}$$

$$Q = 2,175.3 \text{ Lb}$$

del catálogo L.T.-H.T. seleccionamos un aislador

EEI -NEMA clase 52-3

- Tensión disruptiva con onda
normalizada de $\frac{1}{50} \mu s$ + 125 KV, - 130 KV
- Tensión disruptiva en seco 80 KV
- Tensión disruptiva bajo lluvia 50 KV
- Tensión de perforación 110 KV
- Carga de rotura 15,000 Lbs
- Línea de fuga 11 1/2" pulgadas

4.1.3 Cálculos Mecánicos

Condiciones de diseño mecánico del conductor

Bases de cálculo

HIPOTISIS I

Condiciones de máximo esfuerzo

Temperatura 5°C

Velocidad del viento 60 Km/h

Coefficiente de seguridad 3

Hipotisis II

Condiciones de templado

Temperatura 10,20,30,40,.

Sin viento

HIPOTISIS III

Condiciones de máxima flecha

Temperatura 50°C

Sin viento

Clase de Construcción

Según el código Nacional de Electricidad Tomo IV

Conductores 3

Postes 2

Crucetas 2

Retenidas 2

Aisladores 3

Vanos

Los vanos se han determinado con criterio técnico del menor costo y su posibilidad práctica de construcción.

$$\text{Vano Básico} = \left(\frac{L_1^3 + L_2^3 + L_3^3 \dots + L_n^3}{L_1 + L_2 + L_3 + L_n} \right)^{1/2}$$

DISTANCIA ENTRE POSTES

| DEL: | AL: | DISTANCIA L: | DEL: | AL: | DISTANCIA L: |
|------|-----|--------------|------|-----|--------------|
| 1 | 2 | 60 | 27 | 28 | 60 |
| 2 | 3 | 65 | 28 | 29 | 60 |
| 3 | 4 | 75 | 29 | 30 | 35 |
| 4 | 5 | 75 | 30 | 31 | 65 |
| 6 | 7 | 74 | 31 | 32 | 65 |
| 7 | 8 | 70 | 32 | 33 | 65 |
| 8 | 9 | 50 | 33 | 34 | 70 |
| 9 | 10 | 75 | 34 | 35 | 70 |
| 10 | 11 | 75 | 35 | 36 | 70 |
| 11 | 12 | 35 | 36 | 37 | 60 |
| 12 | 13 | 60 | 37 | 38 | 60 |
| 13 | 14 | 75 | 38 | 39 | 60 |
| 14 | 15 | 75 | 39 | 40 | 75 |
| 15 | 16 | 75 | 40 | 41 | 50 |
| 16 | 17 | 65 | 41 | 42 | 50 |
| 17 | 18 | 30 | 42 | 43 | 65 |
| 18 | 19 | 90 | 43 | 44 | 60 |
| 19 | 20 | 90 | 44 | 45 | 60 |
| 20 | 21 | 90 | 45 | 46 | 65 |
| 21 | 22 | 80 | 46 | 47 | 75 |
| 22 | 23 | 80 | 47 | 48 | 55 |
| 23 | 24 | 70 | 48 | 49 | 55 |
| 24 | 25 | 60 | | | |
| 25 | 26 | 75 | | | |
| 26 | 27 | 90 | | | |

$$L = \sqrt{\frac{60^3 + 65^3 + \dots + 55^3}{60 + 65 + \dots + 60}} = \sqrt{\frac{15342750}{3150}} = 69.79 \approx 70$$

Característica de los diseños adoptados

- Conductores

Los conductores no se cubrirán de hielo en su superficie, por lo tanto, para el cálculo de las tensiones y flechas del conductor, solo está considerado la carga transversal del viento y su propio peso.

La tensión del conductor en condiciones de máxima presión de viento (15 Kg/m^2) y mínima temperatura (0°C) no excede del 50% del esfuerzo de rotura de dicho conductor.

- Postes

Las cargas que deben soportar los postes son:

Postes de alineamiento

La presión del viento transversal a la dirección de la línea, actuando sobre la superficie proyectada del conductor sobre la mitad de cada vano adyacente y sobre la superficie del poste.

- Poste de Cambio de Dirección

Deberán soportar la presión del viento además la fuerza resultante de la tensión de los conductores, quedando ésta última normalmente neutralizada por la colocación de uno o más vientos lo más cercano al punto de aplicación de la fuerza.

- Poste Terminal

Deberan soportar la carga transversal del viento y además el tiro máximo longitudinal de los conductores, quedando ésta fuerza neutralizada por la colocación de 1 ó 2 vientos lo más cercano al punto de aplicación de las fuerzas.

- Aisladores

La carga transversal máxima en los aisladores PIN, será debido al viento solamente en soportes de alineamiento, ó de una combinación de la tensión del conductor y del efecto del viento en soportes de ángulo

- Retenidas

En todos los soportes de ángulo mayor de 10° y soportes de amarre o terminal se ha previsto el uso del vientos localizados lo más cercano al punto de aplicación de las fuerzas resultantes de los conductores.

- Puesta a Tierra

Todos los espejos, pernos y vientos se conectarán a tierra a través de un conductor de cobre que unirá a la parte metálica del poste y una varilla copperweld que irá enterrada en el subsuelo.

Resistencia Mecánica del Conductor

Características del Conductor

| | |
|--|--|
| Sección en mm ² | 21.15 mm ² |
| Tipo | desnudo |
| Temple | duro |
| Diámetro (∅) | 5.189 mm |
| Carga ruptura | |
| Mínima | 977 Kg |
| Peso teórico(W) | 189.60 Kg/ Km |
| Módulo de elasticidad | 12.66 $\frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2}$ |
| Coefficiente de dilatación térmica | 17 x 10 ⁻⁶ |
| Coefficiente de seguridad | 3 |
| Tiro máximo | 325.67 Kg |
| Esfuerzo máximo de trabajo (σ _{omax}) | 15.5 Kg/ mm ² |
| Esfuerzo máximo Considerado | 15.5 Kg/mm ² (en 1a Hip II) |

Cálculos Previos

| | |
|-----------------------------|---|
| Coefficiente de seguridad | 3 |
| Tiro máximo de trabajo (T) | |

$$T_o = \frac{\text{carga rotura mínima}}{\text{coeficiente de seguridad}} = \frac{977}{3} = 325.67$$

$$T_o = 325.67$$

- Esfuerzo máximo de trabajo (σ_{\max})

$$\sigma_{\max} = \frac{\text{tiro máximo de trabajo}}{\text{sección}} = \frac{325.67}{21.15} = 15.4$$

$$\sigma_{\max} = 15.4 \frac{\text{Kg}}{\text{mm}^2}$$

Ecuación de cambio de estado (Formula de truxa)

$$\sigma_o^2 \left[\sigma_o^2 + \frac{V a^2 m_i^2}{\sigma_{oi}^2} + B (t_f - t_i) - \sigma_{oi} \right] = V a^2 m_f^2$$

donde:

σ_o σ_o Esfuerzo inicial y final del cable en Kg/mm^2

$$V = \frac{E \delta^2}{24 \times 10^6}$$

E = Modulo de elasticidad expresado en Kg/m^2 , para el cobre
12,660 Kg/mm^2

δ = Peso especifico del conductor, 9 gr/cm^3

a = Vano en m (en éste caso 70m)

m_i, m_f = coeficiente de sobre carga inicial y final

$$B = \alpha E$$

α = coeficiente de dilatación en $^{\circ}\text{C}$
para el cobre $17 \times 10^{-6} \text{ } ^{\circ}\text{C}^{-1}$

t_i, t_f = Temperatura inicial y final en $^{\circ}\text{C}$

Cálculo de las flechas máximas

Para efectuar éstos cálculos es preciso determinar los esfuerzos por separado en las diversas hipotisis a considerar y luego aplicar la fórmula para calcular la flecha F.

Hipotisis I : Condiciones de máximo esfuerzo

Temperatura T_i : 5°C con viento

Hielo : no hielo

Velocidad del viento 60 Km/h

Cálculo del coeficiente a sobre carga m_i

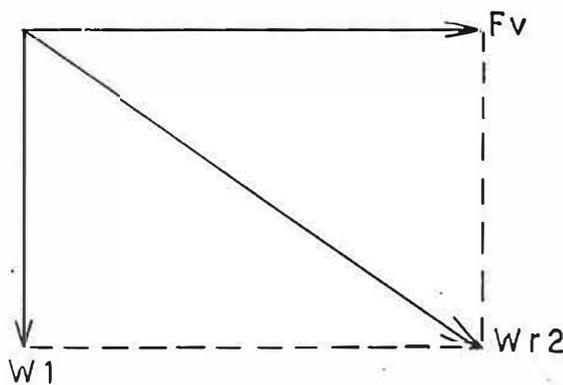


Fig. 4.4

$$P_v = 0.0042 V^2 = 0.0042 \cdot 60^2 = 15.2 \frac{Kg}{m^2}$$

$$F_v = P_v \times A = 15.2 \frac{Kg}{m^2} \times 0.005189 m = 0.078458 \frac{Kg}{m}$$

W_1 = Peso del cable 0.1896 Kg/m

$$W_{r1} = (F_v^2 + W_1^2)^{1/2} = (0.078458^2 + 0.1896^2)^{1/2} = 0.2052$$

$$m_1 = \frac{W_{r1}}{W_1} = \frac{0.20520}{0.1896} = 1.082$$

de cálculos previos

$$\sigma_{o1} = 15.4 \text{ Kg/mm}^2$$

Condiciones iniciales:

$$\sigma_{oi} = 15.4 \text{ Kg/mm}^2$$

$$T_i = 5^\circ\text{C}$$

$$m_i = 1.082$$

Aplicando la fórmula de truxa para calcular el esfuerzo del conductor en los diversos vanos se tiene:

$$\sigma_{of}^2 \left[\sigma_{of} + \bar{V} \frac{a^2 m_i^2}{\sigma_{oi}^2} + B(t_f - t_i) - \sigma_{oi} \right] = \bar{V} a^2 m_f^2$$

$$\bar{V} = \frac{E \delta^2}{24 \times 10^6} = \frac{12,660 \times 9^2}{24 \times 10^6} = 0.04227275$$

$$B = \alpha E = 17 \times 10^{-6} \times 12,660 = 0.21522$$

$$\sigma_{of}^2 \left[\sigma_{of} + \frac{0.04227275 \times 1.082^2 \times a^2}{15.4} + 0.21522(5-5) - 15.4 \right] =$$

$$= 0.04227275 \times a^2 \times 1^2$$

CUADRO 4.0

| Vano m | FORMULA TRUXA | σ_{of} Kg/mm ² | Tensión Kg | Flecha m |
|-----------|---|-------------------------------------|---------------|-------------|
| 40 | $\sigma_{of}^2 [\sigma_{of} - 15.0625] = 68.364$ | 15.3525 | 324.1 | 0.126 |
| 50 | $\sigma_{of}^2 [\sigma_{of} - 14.8727] = 106.819$ | 15.3275 | 324.2 | 0.198 |
| 60 | $\sigma_{of}^2 [\sigma_{of} - 14.6407] = 153.819$ | 15.2980 | 323.6 | 0.285 |
| 70 | $\sigma_{of}^2 [\sigma_{of} - 14.3665] = 209.365$ | 15.265 | 322.9 | 0.389 |
| 80 | $\sigma_{of}^2 [\sigma_{of} - 14.0501] = 273.456$ | 15.229 | 322.1 | 0.509 |
| 90 | $\sigma_{of}^2 [\sigma_{of} - 13.6915] = 346.093$ | 15.1912 | 321.3 | 0.646 |

Cálculo de la flecha f

$$f = \frac{L^2 W_m}{8 A \sigma} = \frac{L^2 \times 0.1896 \times 1.082}{8 \times 21.15 \times \sigma}$$

En la tabla anterior se ha calculado la flecha para cada vano considerado.

Hipotesis II Condiciones normales

condiciones iniciales

$$\sigma_{oi} = 15.4 \text{ Kg/mm}^2$$

$$T_i = 5^\circ\text{C}$$

$$m_i = 1.082$$

Condiciones finales

$$\sigma_{of} = \text{a calcular para cada vano y temperatura}$$

$$T_f = \text{variable}$$

$$m_f = (\text{sin viento, sin hielo}) = 1$$

Aplicando la fórmula de truxa calculamos el esfuerzo del conector para la diversas condiciones.

$$\sigma_{of}^2 \left[\sigma_{of} + \frac{\bar{V} a^2 m_i^2}{\sigma_{oi}^2} + B (t_f - t_i) - \sigma_{oi} \right] = \bar{V} a^2 m_f^2$$

$$\bar{V} = \frac{E \delta^2}{24 \times 10^{-6}} = \frac{12,660 \times 9^2}{24 \times 10^{-6}} = 0.0427275$$

$$B = \alpha E = 17 \times 10^6 \times 12660 = 0.21522$$

$$\begin{aligned} \sigma_{of}^2 \left[\sigma_{of} + \frac{0.0427275 \times 1.082^2 \times a^2}{15.4^2} + 0.21522 (t_f - 5) - 15.4 \right] &= \\ &= 0.0427275 \times a^2 \times 1^2 \end{aligned}$$

CUADRO 4.1

| TEMP | VANO | FORMULA DE TRUXA | σ_{of} |
|------|------|--|---------------|
| 10° | 40 m | $\sigma_{of}^2 [\sigma_{of}-13.9864] = 68.364$ | 14.3198 |
| 10° | 50 m | $\sigma_{of}^2 [\sigma_{of}-13.7966] = 68.364$ | 14.1387 |
| 10° | 60 m | $\sigma_{of}^2 [\sigma_{of}-13.5646] = 68.364$ | 13.9175 |
| 10° | 70 m | $\sigma_{of}^2 [\sigma_{of}-13.2904] = 68.364$ | 13.6569 |
| 10° | 80 m | $\sigma_{of}^2 [\sigma_{of}-12.974] = 68.364$ | 13.3570 |
| 10° | 90 m | $\sigma_{of}^2 [\sigma_{of}-12.6154] = 68.364$ | 13.0188 |
| 15° | 40 m | $\sigma_{of}^2 [\sigma_{of}-12.9103] = 68.364$ | 13.2969 |

Analogamente calculamos los esfuerzos para cada vano y temperatura considerados, el resumen de cálculos estan en el cuadro siguiente.

ESFUERZOS (σ_{of}) En Fg/mm^2

CUADRO 4.2

| va- no °C | 40m | 50m | 60m | 70m | 80m | 90m |
|-----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 10 | 14.3198 | 14.1387 | 13.9175 | 13.6569 | 13.3570 | 13.0188 |
| 15 | 13.2969 | 12.1003 | 11.9493 | 11.7888 | 11.6255 | 11.4645 |
| 20 | 11.2436 | 11.1535 | 11.0545 | 10.9518 | 10.8494 | 10.750 |
| 25 | 10.2743 | 10.2378 | 10.1986 | 10.1589 | 10.1201 | 10.0832 |
| 30 | 9.3352 | 9.3615 | 9.3888 | 9.4159 | 9.4416 | 9.4657 |
| 35 | 8.4353 | 8.5334 | 8.6310 | 8.7272 | 8.8162 | 8.8981 |
| 40 | 7.5864 | 7.7628 | 7.9347 | 8.0959 | 8.2447 | 8.3797 |

Luego calculamos la flecha correspondiente aplicando la fórmula:

$$F = \frac{a^2 W m}{8 \sigma A} = \frac{a^2 \times 0.1896 \times 1}{8 \times \sigma \times 21.15}$$

Los valores obtenidos están en el cuadro siguiente:

FLECHAS PARA DIFERENTES TEMPERATURAS Y VANOS

CUADRO 4.3

| va- no °C | 40m | 50m | 60m | 70m | 80m | 90m |
|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 10 | 0.1252 | 0.1981 | 0.2899 | 0.4021 | 0.5369 | 0.6972 |
| 15 | 0.1348 | 0.2315 | 0.3356 | 0.4658 | 0.6169 | 0.7917 |
| 20 | 0.1595 | 0.2512 | 0.3649 | 0.5014 | 0.6610 | 0.8443 |
| 25 | 0.1745 | 0.2736 | 0.3955 | 0.5405 | 0.7087 | 0.9002 |
| 30 | 0.1921 | 0.2992 | 0.4297 | 0.5831 | 0.7596 | 0.9589 |
| 35 | 0.2125 | 0.3283 | 0.4674 | 0.6292 | 0.8135 | 0.0201 |
| 40 | 0.2363 | 0.3609 | 0.5084 | 0.6782 | 0.8698 | 1.0832 |

Hipotesis III Condiciones de flecha máxima

Condiciones iniciales

$$\sigma_{oi} = 15.4 \text{ Kg/mm}^2$$

$$t_j = 5^\circ\text{C}$$

$$m_i = 1.082$$

Condiciones finales

$$\sigma_{of} =$$

$$t_f = 50^\circ\text{C}$$

$$m_f = 1 \text{ (sin viento, sin hielo)}$$

Aplicando la fórmula de truxa para cada vano se tiene

$$\sigma_{of}^2 \left[\sigma_{of} + \frac{0.0427275 \times 1.082^2 \times a^2}{15.4^2} + 0.21522 (50-5) \cdot -15.4 \right] = 0.427275 \times a^2 \times 1^2$$

CUADRO 4.4

| VANO(a) m | FORMULA DE TRUXA | σ_{of} Kg/mm ² | Tensión $\sigma_{of} \times A$ |
|--------------|---|-------------------------------------|-----------------------------------|
| 40 | $\sigma_{of}^2 [\sigma_{of} - 5.3776] = 68.364$ | 6.8389 | 144.64 |
| 50 | $\sigma_{of}^2 [\sigma_{of} - 5.1878] = 106.8187$ | 7.231 | 152.94 |
| 60 | $\sigma_{of}^2 [\sigma_{of} - 4.9578] = 153.819$ | 7.612 | 160.99 |
| 70 | $\sigma_{of}^2 [\sigma_{of} - 4.6816] = 209.365$ | 7.97415 | 168.65 |
| 80 | $\sigma_{of}^2 [\sigma_{of} - 4.3652] = 173.456$ | 8.3177 | 175.92 |
| 90 | $\sigma_{of}^2 [\sigma_{of} - 4.0066] = 346.093$ | 8.9766 | 189.86 |

Plantilla de flechas máxima

El valor de las flechas máximas se determina mediante la expresión.

$$F = \frac{a^2 Wm}{8 T}$$

donde a = Longitud del vano

W = Peso unitario del conductor

$$= 0.1896 \text{ Kg/m}$$

T = Tiro para la respectiva flecha máxima

$$T = \sigma \times A$$

σ = Esfuerzo calculado en la hipotisis III

A = Sección del conductor = 21.15 mm²

$$f = \frac{a^2 \times 0.1896 \times 1}{8 \sigma \times 21.15} =$$

CUADRO 4.5

| a VANO m | σ_{aip} III Kg/mm ² | f Flecha m | VANO (em) Esc. Horizont. 1/1000 | Flecha (em) Esc. Verti- cal 1/40 |
|----------------|--|------------------|---------------------------------------|--|
| 40 | 6.8389 | 0.2622 | 4 cm | 0.66 cm |
| 50 | 7.231 | 0.3884 | 5 cm | 0.97 cm |
| 60 | 7.6125 | 0.5299 | 6. cm | 1.32 cm |
| 70 | 7.9742 | 0.6886 | 7 cm | 1.72 cm |
| 80 | 8.3177 | 0.8622 | 8 cm | 2.16 cm |
| 90 | 8.9766 | 1.0111 | 9 cm | 2.528 cm |

Resumiendo los cálculos anteriores se tiene:

Hip I Condiciones de máximo esfuerzo

$$t_i = 5^\circ\text{C}$$

con viento

sin hielo

$$\text{Esfuerzo: } \sigma = 15.4 \text{ kg/mm}^2$$

vano 70 m

$$\text{flecha} = 0.387 \text{ m}$$

Hip II Condiciones normales

$$t_i = 30^\circ\text{C}$$

Vano = 70 m

sin viento

sin hielo

$$\text{Esfuerzo} = 9.4159 \text{ Kg/ mm}^2$$

$$\text{flecha} = 0.5831/\text{m.}$$

Hip III Condiciones de máxima temperatura

$$t_j = 50 \text{ }^\circ\text{C}$$

vano 70 m

sin viento

sin hielo

$$\text{Esfuerzo} = 3.73465 \text{ Kg/ mm}^2$$

$$\text{flecha} = 0.6886 \text{ m.}$$

Observamos que la hipótesis más desfavorable es la hipótesis III

Tabla de Regulación del Cable

Como se sabe la línea está formada por un conjunto de vanos distintos entre sí, la regulación de los cables hay que hacerla en función del vano ideal.

Puesto que para cada temperatura la tensión ha de ser uniforme sea cualquiera la longitud de los vanos del tramo, el cálculo (de las distintas flechas) se hace en base a que la flecha correspondiente a un determinado vano es proporcional a la longitud del mismo.

$$f_1 = \frac{L_1^2 W m}{8 \sigma A}$$

$$f_2 = \frac{L_2^2 W m}{8 \sigma A}$$

$$\frac{f_1}{f_2} = \left(\frac{L_1}{L_2}\right)^2$$

$$f_2 = f_1 \left(\frac{L_2}{L_1}\right)^2$$

Partiendo de las condiciones de máximo esfuerzo y valiéndose de la fórmula de truxa calculamos los esfuerzos para máxima temperatura y vanos diferentes, de cálculos se tiene que :

$$\sigma_{oi} = 15.4 \text{ Kg/mm}^2$$

$$t_i = 5^\circ\text{C}$$

$$m_i = 1.082$$

$$\sigma_{of}^2 \left[\frac{\sigma_{of} + \sqrt{V} a^2 m_i^2}{\sigma_{oi}^2} + B (t_f - t_i) - \sigma_{oi} \right] = \sqrt{V} a^2 m_f^2$$

donde

$$\sqrt{V} = \frac{E \delta^2}{24 \times 10^{-6}} = \frac{12,660 \times 9^2}{24 \times 10^6} = 0.0427275$$

$$B = \alpha E = 17 \times 10^{-6} \times 12,660 = 0.21522$$

$$a = 70 \text{ m}$$

$$m_i = 1.082$$

$$t_i = 5^\circ\text{C}$$

$$\sigma_{oi} = 15.4 \text{ Kg/mm}^2$$

$$m_f = 1$$

CUADRO 4.6

| TEMP °C | FORMULA DE TRUXA | TOF | FLECHA |
|---------|--|----------|----------|
| 10° | $\sigma_{of}^2 [\sigma_{of} - 13.2904] = 209.3648$ | 14.31245 | 0.383664 |
| 15° | $\sigma_{of}^2 [\sigma_{of} - 12.2143] = 209.3648$ | 13.3822 | 0.41027 |
| 20° | $\sigma_{of}^2 [\sigma_{of} - 11.0621] = 209.3648$ | 12.482 | 0.4399 |
| 25° | $\sigma_{of}^2 [\sigma_{of} - 10.0621] = 209.3648$ | 11.6142 | 0.4728 |
| 30° | $\sigma_{of}^2 [\sigma_{of} - 09.860] = 209.3648$ | 10.7857 | 0.5091 |
| 35° | $\sigma_{of}^2 [\sigma_{of} - 07.9099] = 209.3648$ | 10.0025 | 0.54894 |
| 40° | $\sigma_{of}^2 [\sigma_{of} - 06.8338] = 209.3648$ | 9.27015 | 0.59231 |
| 50° | $\sigma_{of}^2 [\sigma_{of} - 04.6816] = 209.3648$ | 7.97416 | 0.6886 |

CUADRO 4.7

| TEMP °C | TENSION Kg (en vano reg.70m) | FLECHA (vano 70 mm) | FLECHA EN METROS. | | | | | |
|------------|------------------------------------|------------------------|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | | | LONGITUD DEL VANO | | | | | |
| | | | 40 m | 50 m | 60 m | 70 m | 80 m | 90 m |
| 10 | 302.708 | 0.3836 | 0.1253 | 0.196 | 0.282 | 0.384 | 0.501 | 0.634 |
| 15 | 283.005 | 0.4103 | 0.134 | 0.209 | 0.301 | 0.410 | 0.536 | 0.678 |
| 20 | 263.994 | 0.440 | 0.144 | 0.224 | 0.323 | 0.44 | 0.575 | 0.727 |
| 25 | 245.640 | 0.473 | 0.154 | 0.241 | 0.347 | 0.473 | 0.618 | 0.782 |
| 30 | 228.117 | 0.509 | 0.166 | 0.259 | 0.374 | 0.509 | 0.665 | 0.842 |
| 35 | 211.553 | 0.549 | 0.175 | 0.280 | 0.403 | 0.549 | 0.717 | 0.907 |
| 40 | 196.064 | 0.592 | 0.193 | 0.302 | 0.435 | 0.592 | 0.774 | 0.979 |
| 50 | 168.654 | 0.6886 | 0.225 | 0.351 | 0.506 | 0.689 | 0.899 | 1.138 |

Cálculo Mecánico de Postes

- Selección de la longitud
- Altura mínima del conductor inferior al pies... 6m
- Longitud libre para la flecha 0.69 m
- Longitud mínima de empotramiento $L/7$
- Separación entre conductores 0.45 m
- La longitud total del poste será

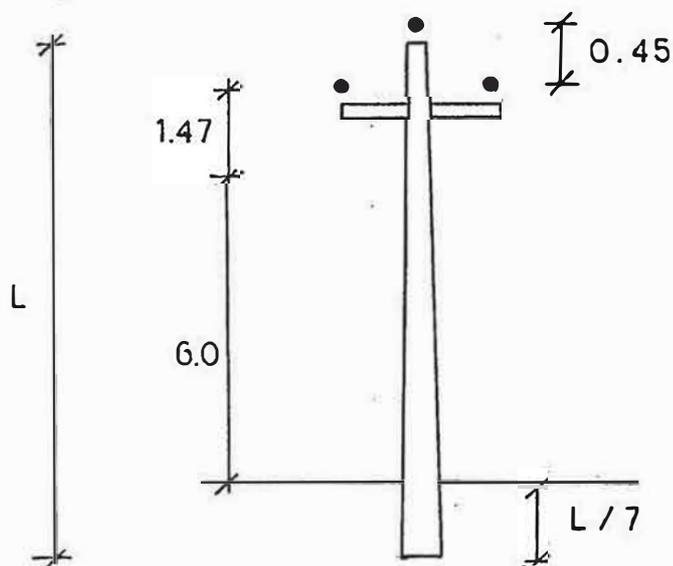


Fig. 4.5

$$L = \frac{L}{7} + 6.0 + 0.69 + 0.45 = 0 L = 9.33 \text{ m}$$

Las características del poste segun datos del fabricante son:

Longitud del poste 11 m

Altura de empotramiento 1.5 m

Altura del poste expuesta al viento 9.5 m

Diametro en la punta 0.120 m

Diametro en la base 0.285 m

Carga de trabajo en la punta 200 Kg

Fuerza del viento sobre el poste

$$F_{vp} = P_v A_{pv}$$

$$A_{pv} = H_{pv} \left(\frac{d_p + d_e}{2} \right)$$

donde:

P_v = Presión del viento

A_{pv} = area del poste expuesta de viento m^2

H_{pv} = altura del poste expuesta al viento = 9.5 m

d_p = diametro del poste en la punta = 0.120 m

d_e = diametro del poste en el empotramiento 0.235 m

$$p_v = 0.0042 \times v^2 = 0.0042 \times 60^2 = 15.12 \text{ Kg}/m^2$$

$$A_{pv} = 9.5 \left(\frac{0.120 + 0.285}{2} \right) = 1.9238 \text{ m}^2$$

$$F_{vp} = P_v \times A_{pv}$$

$$\therefore F_{vp} = 15.12 \frac{\text{Kg}}{m^2} \times 1.9238 \text{ m}^2 = 2909 \text{ Kg}$$

- Altura de empotramiento

$$H(t) = \frac{L}{7} \text{ (m)} \text{ sin macizo de concreto}$$

$$H(t) = \frac{L}{10} \text{ (m)} \text{ con macizo de concreto}$$

En nuestro caso dadas las condiciones del terreno los postes se cimentaran con y sin macizo segun las necesidades, adoptamos el caso más desfavorable para la selección de la longitud o sea sin macizo.

Diametro del Poste en el Punto de Empotramiento (de)

$$de = db - \left(\frac{db - dp}{H_{pv} + H_t} \right) \times H_t$$

donde:

db = diametro del poste en la base = 0.285 m

dp = diametro del poste en la punta = 0.120 m

H_{pv} = altura del poste expuesta al viento 9.5m

H(t) = altura de empotramiento = 11-9.5 = 1.5m

$$de = 0.285 - \left(\frac{0.285 - 0.120}{9.5 + 1.5} \right) \times 1.5 = 0.263 \text{ m}$$

Punto de aplicación de la fuerza del viento sobre el poste

$$Z = \frac{H_{pv}}{3} \left(\frac{de + 2 dp}{de + dp} \right)$$

donde:

H_{pv} = altura del poste expuesta al viento 9.5

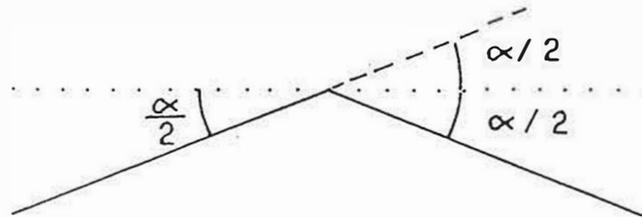
de = diametro del poste en el empotramiento = 0.285 m

dp = diametro del poste en la punta = 0.120 m

$$Z = \frac{9.5}{3} \times \left(\frac{0.285 + 2(0.120)}{0.285 + 0.120} \right) = 4.105 \text{ m}$$

Tracción de los conductores (tc)

Esta fuerza se calcula para el máximo esfuerzo de trabajo de los conductores.



$$T_c = 2 T \operatorname{sen} \frac{\alpha}{2}$$

T = máximo tiro de trabajo en Kg

α = ángulo de la línea

σ = esfuerzo máximo de trabajo = 15.4 Kg/mm²

$$T = \sigma S$$

S = sección del conductor = 21.15 mm²

$$T = 15.4 \times 21.15 \text{ Kg} = 317.25 \text{ Kg}$$

$$T_c = 2 \times (317.25) \operatorname{sen} \frac{\alpha}{2} = 634.5 \operatorname{sen} \frac{\alpha}{2}$$

Fuerza del viento sobre los conductores (Fvc)

$$F_{vc} = L \times f_c \times P_v \times \cos \frac{\alpha}{2}$$

donde:

L = vano básico de regulación = 70 m

ϕ = diametro exterior del conductor = 0.005189 m

$$P_v = \text{presión del viento} = 15.12 \text{ Kg/ m}^2$$

$$F_{vc} = 70 \text{ m} \times 0.005189 \text{ m} \times 15.12 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^2} \times \cos \frac{\alpha}{2}$$

$$F_{vc} = 5.492 \cos \frac{\alpha}{2} \text{ Kg}$$

- Fuerza total sobre los conductores (Fe)

$$F_e = t_c + F_{vc}$$

$$F_e = (634.5 \sin \frac{\alpha}{2} + 5.492 \cos \frac{\alpha}{2}) \text{ Kg}$$

- Diagrama de distribución de fuerzas

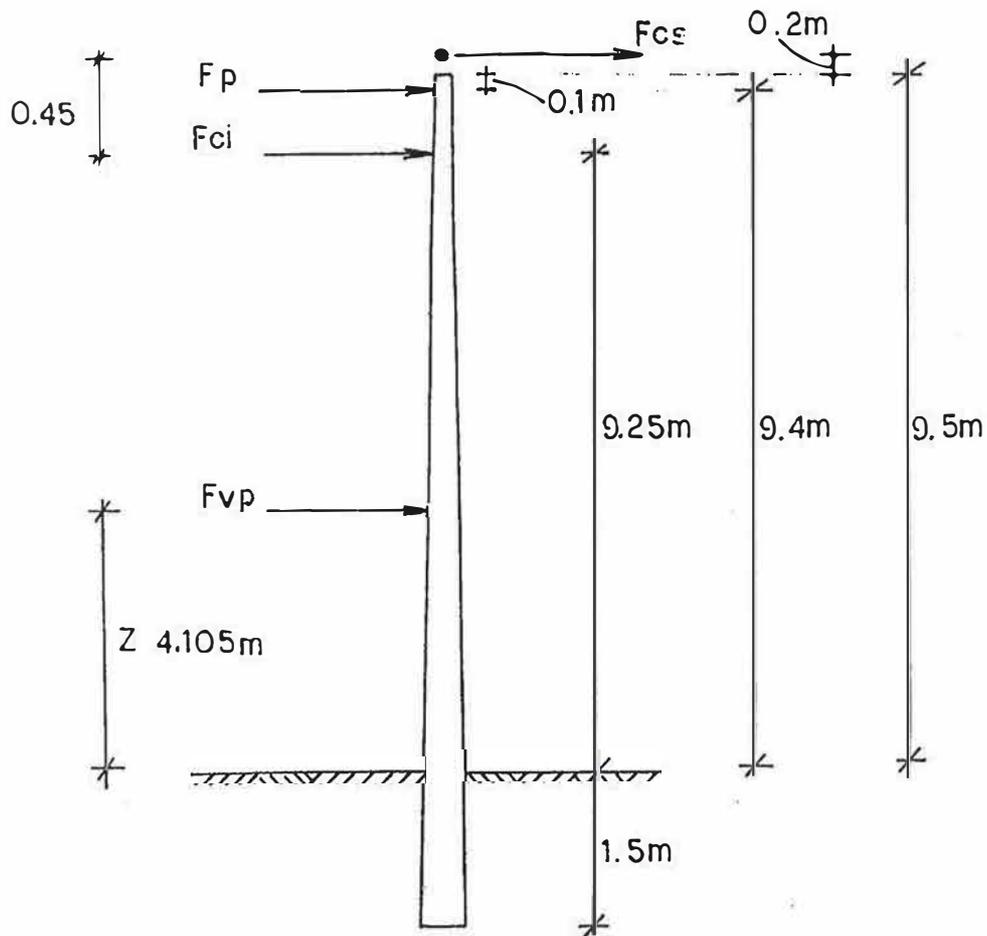


FIG 4.6

Fcs = fuerza del conductor superior

Fci = fuerza del conductor inferior

Fvp = fuerza del viento sobre el poste = 29.09 Kg

Fp = fuerza en la punta del poste

- Cálculo del momento total (M)

$$M = Mvp + Mc$$

donde :

$$Mvp = Fvp \times z$$

Mvp = momento del viento sobre el poste

$$Mc = Fcs \times (.7 + 2 Fci \ 9.25)$$

Mc = momento producido por los conductores

$$M = Fvp \ Z + Fcs \ 9.7 + 2 \times Fci \times 925$$

Reemplazndo las cantidades ya calculadas se tiene

$$M = 29.09 \times 4.105 \text{ Kg m} + Fcs \ 9.7 + 18.5 \ Fci$$

pero como el conductor superior es igual al conductor inferior

$$Fcs = fci = Fc$$

$$M = 119.414 + 282 \ Fc$$

$$\text{como } Fc = 634.5 \ \text{sen} \frac{\alpha}{2} + 5.492 \ \text{cos} \frac{\alpha}{2}$$

$$M = 119.414 + 282 \left[634.5 \ \text{sen} \frac{\alpha}{2} + 5.492 \ \text{cos} \frac{\alpha}{2} \right]$$

$$M = 119.414 + 17,892.9 \ \text{sen} \frac{\alpha}{2} + 154.874 \ \text{cos} \frac{\alpha}{2}$$

cálculo de la fuerza con la punta del poste (Fp)

$$Fp = \frac{M}{He}$$

Fp = es la fuerza en la punta del poste

dónde :

M = es el momento total

He= distancia desde el punto de aplicación de Fp hasta la superficie del suelo, en los postes de concreto armado la Fp está referido a 10 cm. de la punta del poste

$$He= 9.4 \text{ m}$$

$$Fp= M/9.4$$

Los valores de M en (kg x m) y Fp (Kg) para diversos valores de α son:

CUADRO 4.8

| α | M | FP |
|----------|-----------|----------|
| 0 | 274.288 | 29.179 |
| 5 | 1054.618 | 112.193 |
| 10 | 1833.168 | 195.018 |
| 15 | 2679.005 | 277.495 |
| 20 | 3379.005 | 359.469 |
| 30 | 4900.034 | 521.280 |
| 45 | 7109.815 | 756.363 |
| 60 | 9199.989 | 978.722 |
| 90 | 12881.117 | 1370.332 |

Denominación de las estructuras

Denominaremos las estructuras de acuerdo al ángulo que hace con la línea

| | | | |
|----------------|----------|-------|--------------|
| S | 0 - 10° | _____ | sin retenida |
| A ₁ | 15 - 30° | _____ | con retenida |
| A ₂ | 30 - 60° | _____ | con retenida |
| A ₃ | 60 - 90° | _____ | con retenida |

Cálculo de retenidas

Para compensar los esfuerzos mayores a 200 Kg en los postes de la red secundaria se usarán retenidas, cuyas características serán:

| | |
|--------------------------|-------------------|
| - Material | acero galvanizado |
| - N° de hilos | 7 |
| - Diámetro del conductor | 9.53 mm |
| - Carga de rotura | 3,159 Kg |
| - Factor de seguridad | 2 |

ESTRUCTURA A1

$15 < \alpha \leq 30$

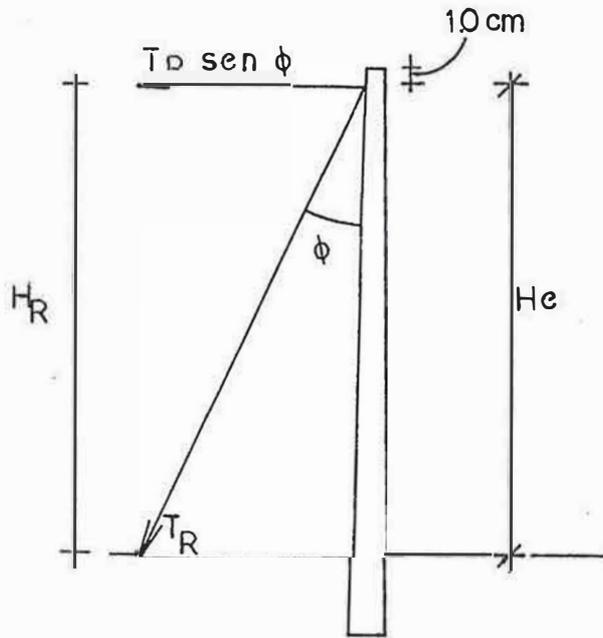
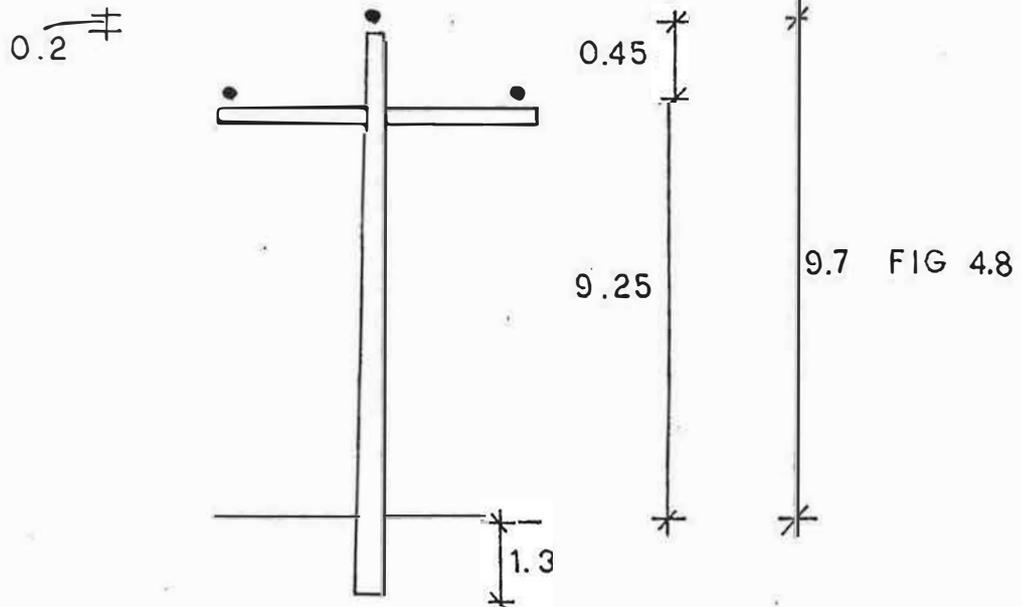


FIG 4.7



$$T_R = \text{tiro de trabajo en la retenida} = \frac{3159}{2} = 1,579.5 \text{ Kg}$$

H_R = altura de la retenida'

H_e = altura equivalente

F_p = fuerza en la punta

$$\emptyset = 25^\circ$$

Cálculo de la altura de la retenida H_R

$$F (9.7) + 2 F (9.25) = 3 F H_r$$

$$H_R = \frac{9.7 + 2 \times 9.25}{3} = 9.4 \text{ m}$$

En la figura 4.9 se tiene

$$F_{p_R} H_e = T_r \times H_r \times \text{sen } \emptyset$$

$$F_{p_R} = \frac{H_r}{H_e} T_r \text{ sen } \emptyset = 1579.5 \frac{(9.4)}{9.4} \text{ sen } 25^\circ$$

$$F_{p_R} = 667.314 \text{ Kg}$$

Esta es la fuerza máxima que admite la retenida en la punta del poste.

En el cuadro observamos que para un ángulo de 30° la fuerza total en la punta del poste es de 521.28 Kg, por lo tanto es correcta la colocación de una sola retenida.

ESTRUCTURA A2

$(30^\circ < \alpha \leq 60^\circ)$

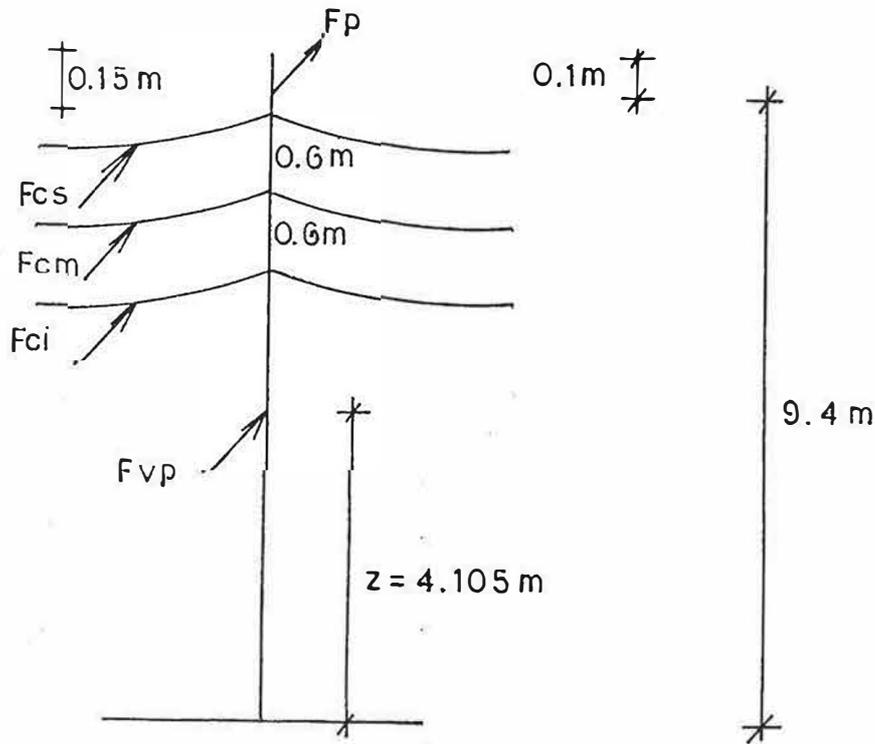


Fig. 4.9

Cálculo del momento total

$$M = M_{vp} + M_c$$

M_{vp} = momento del viento sobre el poste

M_c = momento producido por los conductores

sabemos que;

$$M_{vp} = F_{vp} \times Z$$

$$M_c = F_{cs} \times 9.35 + F_{cm} \times 8.75 + F_{ci} \times 8.15$$

Como los conductores de la 3 líneas son iguales se tiene:

$F_c = F_{cs} = F_{cm} = F_{ci} =$ Fuerza del conductor: superior, medio, inferior.

$$M_c = 26.25 F_c$$

$$\text{Luego } M = F_{vp} \times Z + 26.25 F_c$$

En la figura anterior y cálculos presedentes se tiene

$$F_{vp} = 29.09 \text{ Kg}$$

$$Z = 4.105 \text{ m}$$

$$F_c = 634.5 \text{ sen } \frac{\alpha}{2} + 5.492 \text{ cos } \frac{\alpha}{2}$$

$$M = 29.09 \times 4.105 + 26.25 \times \left[634.5 \text{ sen } \frac{\alpha}{2} + 5.492 \text{ cos } \frac{\alpha}{2} \right]$$

$$M = 119.4144 + 16,655.625 \text{ sen } \frac{\alpha}{2} + 144.165 \text{ cos } \frac{\alpha}{2}$$

La fuerza en la punta del poste sera:

$$F_p = \frac{M}{H_e} = \frac{M}{9.4}$$

CUADRO 4.9

| | M | F |
|----|----------|---------|
| 0 | 263.58 | 28.04 |
| 5 | 989.95 | 105.31 |
| 10 | 1714.66 | 182.41 |
| 15 | 2436.34 | 259.22 |
| 20 | 3153.61 | 335.49 |
| 30 | 4569.46 | 486.11 |
| 45 | 6626.44 | 704.94 |
| 60 | 8572.07 | 911.92 |
| 90 | 11998.66 | 1274.45 |

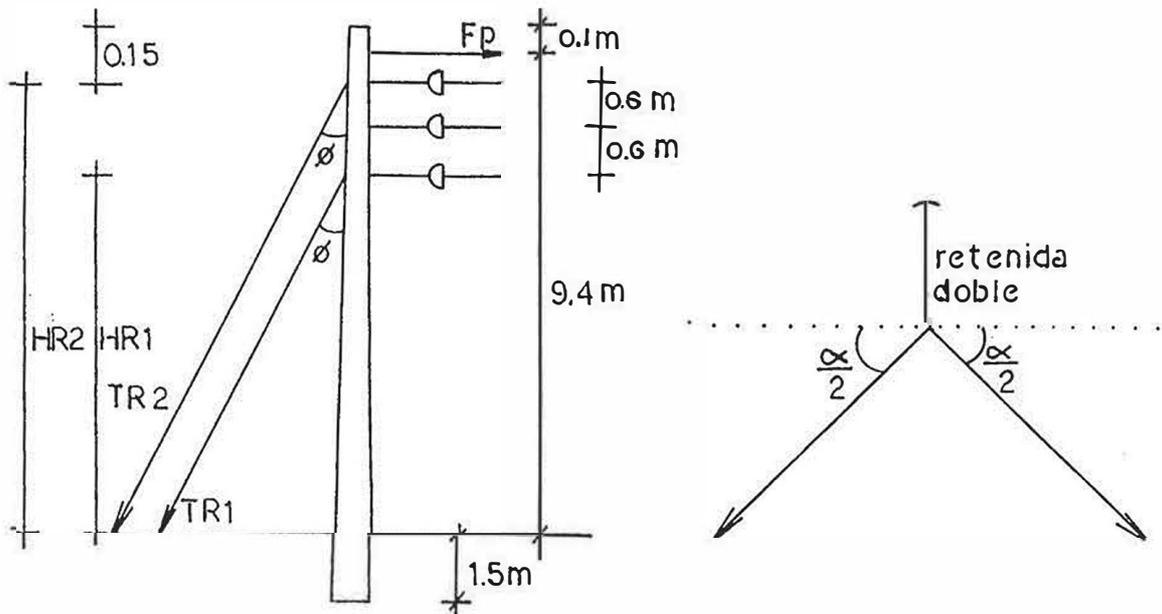


Fig. 4.10

$$Tr = \text{tiro de trabajo en la retenida} = \frac{3,159}{2} = 1579.5 \text{ Kg}$$

$$Hr_2 = 9.5 - 0.15 = 9.35 \text{ m}$$

$$Hr_1 = 7.55 - 1.2 = 8.15 \text{ m}$$

$$He = 9.4$$

$$\emptyset = 25^\circ$$

$$F_{p_r} He = Hr_2 Tr_2 \text{ sen } \emptyset + Tr_1 \text{ sen } \emptyset Hr_1$$

$$F_{p_r} = [Hr_2 Tr_2 \text{ sen } \emptyset + Tr_1 \text{ sen } \emptyset Hr_1] : He$$

$$F_{p_r} = [9.35 \times 1,579.5 \text{ sen } 25 + 8.15 \times 1,579.5 \text{ sen } 25] : 9.4$$

$$F_{p_r} = 1,242.73 \text{ Kg}$$

Esta es la fuerza máxima que admite la retenida en la punta del poste y como el esfuerzo que realizan los cables en la punta para los ángulos comprendidos entre 30 y 60 es 911.92 Kg es correcta la colocación de 2 retenidas.

ESTRUCTURA A3

($60 < \alpha \leq 90^\circ$)

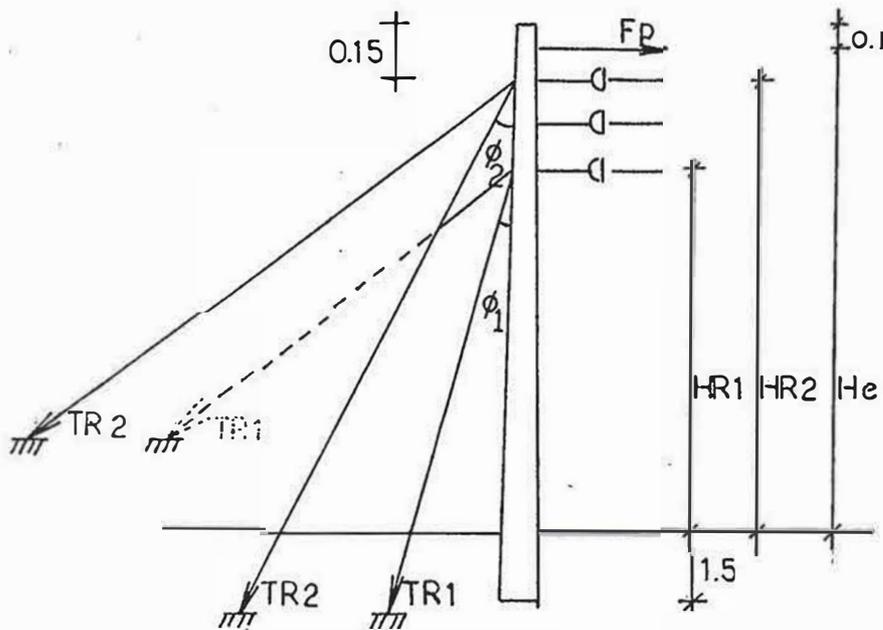


Fig. 4.11

En la figura anterior

$$\phi_1 = 20^\circ$$

$$\phi_2 = 25^\circ$$

$$H_e = 11 - 1.5 - 0.1 = 9.4 \text{ m}$$

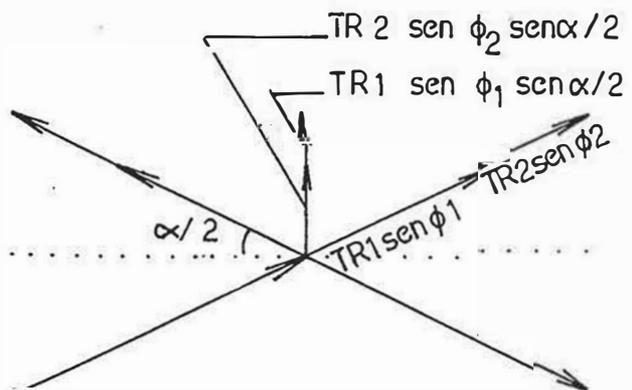
$$H_{r2} = 11 - 1.5 - 0.15 = 9.35 \text{ m}$$

$$H_{r1} = H_{r2} - 1.2 = 9.35 - 1.2 = 8.15$$

$$T_{r1} = T_{r2} = \text{tiro de trabajo de la retenida} = 3159/2 = 1579.5 \text{ Kg}$$

$$F_{p_r} H_e = 2 T_{r1} \times \text{sen } \phi_1 \times \text{sen } \alpha/2 \times H_{r1} + 2 T_{r2} \times \text{sen } \phi_2 \times \text{sen } \alpha/2 \times H_{r2}$$

$$F_{p_r} = 2 \times 1579.5 \times \text{sen } 20 \times \text{sen } \alpha/2 \times 8.15 + 2.1579 \times \text{sen } 25 \times \text{sen } \alpha/2 \times 9.35 \div 9.4$$



Resolviendo la ecuación se tiene que :

$$\text{para } \alpha = 60 \quad F_{p_r} = 1132 \text{ Kg}$$

$$\alpha = 90 \quad F_{p_r} = 1601 \text{ Kg}$$

En el cuadro 4.9 observamos que el esfuerzo que realizan los cables en la punta para los ángulos comprendidos entre 60 y 90° es :

$$F_{ep} = 911.92 \text{ Kg} \quad \text{y} \quad F_{ep} = 1274.45 \text{ respectivamente.}$$

Como el esfuerzo máximo que pueden soportar las retenidas son mayores que el esfuerzo realizado por los conductores la colocación de las retenidas A3 es correcta.

Retenida en contra Punta

Se usara este tipo de retenidas sólo para las estructuras A1

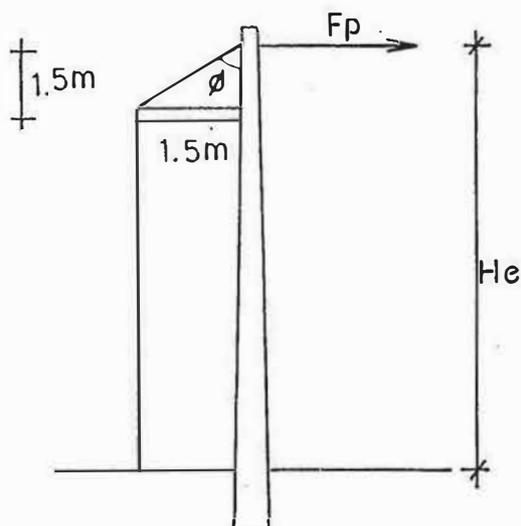


Fig. 4.12

$$F_p H_e = T_r \text{ sen } \phi H_e$$

$$F_p = T_r \text{ sen } \phi = 1579.5 \text{ sen } 45 = 1,116.522 \text{ kg}$$

Esta fuerza es la máxima que puede admitir la retenida en la punta, y como los cables en las estructuras A1 realizan una fuerza máxima de 532.9 Kg es correcta la adopción de la conrapuerta.

Cálculo de Crucetas

Según los cálculos anteriores cuadro 4.0 el tiro máximo del conductor en la hipotisis I y para el vano básico (70m) será de : $15.265 \text{ Kg/mm}^2 \times S$

$$T = 15.265 \times 21.15 = 287.033 \text{ Kg}$$

por lo tanto :

Seleccionamos crucetas del catálogo del fabricante Z/1.20/300

Cálculo de Anclaje

- Bloque de concreto 0.5 x 05 x 0.15 m
- Varillas de anclaje 5/8" \emptyset .
- Máximo tiro que soporta la retenida $\frac{3,159}{2} = 1579.2 \text{ Kg}$
- Inclinción de varilla 37°
- Peso específico del terreno 960 Kg/m^3
- Angulo de talud 36°

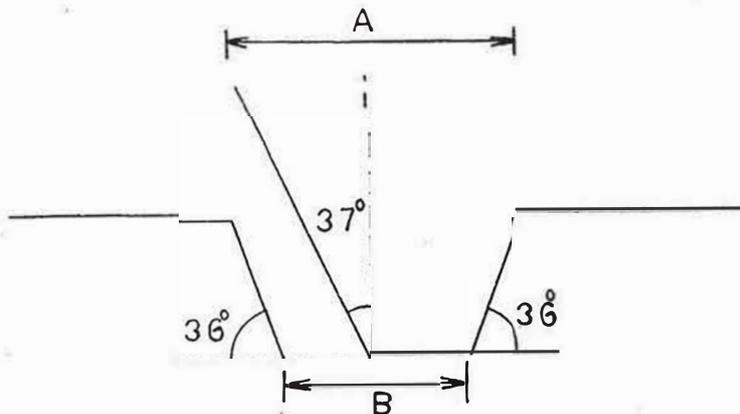


FIG 4.13

Volumen del tronco de pirámide (v)

$$V = \frac{1}{3} h [(B + 2c)^2 + B^2 + \sqrt{(B + 2c)^2 B^2}]$$

Consideraciones

$$C = 0.7 h$$

$$V = B^2 h + 1.4 B h^2 + 0.65 h^3 = 0.25 h + 0.7 h^2 + 0.65 h^3$$

Sabemos que

$$V = \frac{1579.5}{960} = 1.645 \text{ m}^3$$

Luego

$$1.645 = 0.25 h + 0.7 h^2 + 0.65 h^3 \quad h = 1.013$$

$$L = \frac{h}{\text{sen } 37} = \frac{1.013}{\text{sen } 37} = 1.69 \text{ m}$$

Luego elegimos una varilla de 2.4 m de longitud hasta el nivel del terreno

Cálculo de Cimentación

Condición de equilibrio $Ma \leq Mr$

$$Ma = \text{momento actuante} = Fp \times (h + Ht)$$

$$Mr = \text{momento resistente} = \frac{P}{2} \left[a - \frac{4P}{3b \sigma} \right] + cb Ht^3$$

donde:

P = peso total (poste + equipo + macizo)

C = coeficiente definido por la densidad del terreno y el ángulo de talud 960 Kg/ m^3

h = altura libre del poste = 9.5

σ = presión admisible del terreno = 1.5×10^4 Kg/ m²

a = ancho del macizo 1.0 m

b = Largo del macizo 1.0 m

H_{t1} = profundidad enterrada del poste 1.5 m

H_t = profundidad del macizo 1.8 m

ρ_c = peso específico del concreto = 2,200 Kg/ m³

F_p = Fuerza que admite la punta del poste = 200 Kg

Peso del poste = 650 Kg

Peso del equipo = 100

Peso del macizo = P_m

$P_m = \rho_c \times (\text{volumen macizo} - \text{volumen tronco cónico})$

ρ_c = peso específico macizo concreto = 2,200 Kg/ m³

Volumen macizo = $1.0 \times 1.0 \times 1.8 = 1.8$

Volumen tronco cónico = $\frac{H_{t1}}{3} (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 A_2})$

$V_{tc} = \frac{1.5}{3} (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 A_2})$

A_1 = área sección del poste en el empotramiento

$A_1 = \frac{\pi de^2}{4}$

$de = db - \left(\frac{db - dp}{H_{p_v} + H_{t1}} \right) H_t$

db = diámetro de base del poste = 0.285 m

dp = diámetro del poste en la punta 0.120 m

Hpv = altura del poste expuesta al viento 9.5 m

Ht1 = altura de empotramiento = 1.5 m

$$de = 0.285 - \left(\frac{0.285 - 0.120}{95 + 1.5} \right) 1.5 = 0.2625$$

$$A1 = \frac{\pi (0.2625)^2}{4} = 0.05412 \text{ m}^2$$

$$A2 = \text{área de sección del poste en la base} = \frac{\pi db^2}{4}$$

$$A2 = \frac{\pi (0.285)^2}{4} = 0.0638$$

$$\text{Volumen tronco cónico} = \frac{1.5}{3} (0.05412 + 0.0638 + \sqrt{0.05412 \times 0.0638})$$

$$V.T.C = 0.08834 \text{ m}^3$$

Peso macizo = $\rho_c \times (\text{volumen macizo} - \text{volumen tronco cónico})$

$$P \text{ macizo} = 2,200(1.8 - 0.08834) = 3,765.65 \text{ Kg}$$

$$P \text{ total} = 650 + 100 + 3,765.65 = 4,515.65 \text{ Kg}$$

El momento actuante (Ma) será

$$Ma = Fp (Hpv + Ht)$$

donde Fp = 200 Kg

$$Hpv = 9.5$$

$$Ht = 1.8$$

$$Ma = 200(9.5 + 1.8) = 2260 \text{ Kg}$$

El momento resistente Mr

$$Mr = \frac{P}{2} \left[a - \frac{4P}{36} \right] + cb Ht^3$$

$$M_r = \frac{4515.65}{2} \left(1.0 - \frac{4 \times 4,515.65}{3 \times 1.0 \times 1.5 \times 10^4} \right) + 960 \times 1.0 \times 1.8$$

$$M_r = 3985.60$$

observemos que $M_r > M_a$

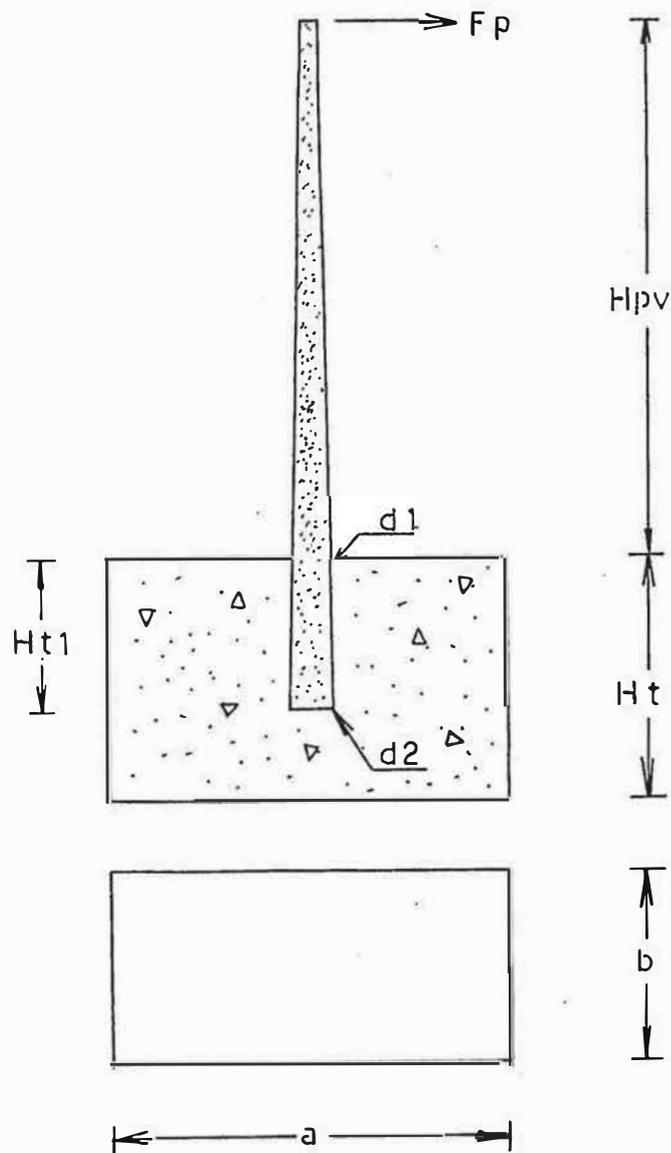


FIG 4.14

4.2 Sub-Estación de Transformación

4.2.1 Cálculo del Cable de Alimentación

a) Por capacidad de corriente

Corriente nominal I_n

$$I_n = \frac{P}{\sqrt{3} V \cos \phi} = \frac{589,133}{\sqrt{3} \times 10,000 \times 0.8} = 42.52A$$

Corriente de diseño I_d

$$I_d = 1.25I_n = 1.25 \times 42.52 = 53.15A$$

Factores de Corrección

- Por Temperatura del terreno

Segun C.N.E, tabla 2XXXI para una temperatura del suelo de 25°C, $K_1=0.96$

- Por resistencia Térmica del terreno

La composición del suelo donde está ubicada la planta es de arena y arcilla, segun el C.N.E tabla 2 XXXII $K_2 = 0.96$

Luego el KV equivalente = $K_1 K_2 = 0.96 \times 0.96$

$$K_{eq} = 0.90$$

$$I \text{ Corregido} = \frac{53.15}{0.90} = 59.06A$$

b) Corriente de Cortocircuito

Debe comprobarse que al presentarse un posible cortocircuito entre fases la intensidad de ésta corriente de cortocircuito puede ser soportada por el conductor durante el tiempo establecido en los dispositivos de protección instalados, puede darse el caso de que la sección elegida - por intensidad admisible de corriente a transportar permanentemente según las condiciones de la instalación no basta para soportar la intensidad de cortocircuito dadas las características de la red y del interruptor de protección. Para determinar la orden de magnitud de la corriente de - cortocircuito técnicamente admisible en el conductor de cobre se puede determinar por el gráfico dado por el fabricante del cable en las que se - muestra las corrientes máximas a que se pueden sujetar diversos calibres de conductores.

El valor de la corriente de cortocircuito que se calcula se va a presentar en la instalación no debe ser superior a los valores admisibles determinados con el gráfico antedicho, puesto que daría lugar en caso de falla a altas temperaturas finales que malograrían al cable.

El tiempo de duración del cortocircuito es el tiempo ajustado en la protección, teniendo en cuenta el tiempo propio del interruptor y de los dispositivos de protección.

Segun las normas VDE100 para un cortocircuito rápido $t = 0.2$ segundos.

Cálculo de la Corriente de Cortocircuito

Por datos proporcionados por el concesionario de energía la potencia de cortocircuito es de 75MVA

Por tanto:

$$I_{cc} = \frac{N_{cc}}{\sqrt{3} V_n} = \frac{75 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 10^4} = 4.33 \text{KA}$$

El fabricante de cables INDECO proporciona un gráfico donde aparecen las corrientes máximas a que se pueden sujetar diversos calibres de conductores de cobre en cables aislados, por espacios de tiempo determinados sin dañar el aislamiento.

La sección mínima se calcula partiendo de la duración y del valor medio eficaz de la corriente de cortocircuito.

En el referido gráfico observamos que el cable a usar será de 35 mm^2 ya que el cable de 25 mm^2 no se fabrica.

El cable seleccionado soporta una corriente de cortocircuito de 9KA y una corriente de trabajo normal de 158 Amperios.

Resumiendo diremos que el cable a usar para la acometida es de $3 \times 35 \text{ mm}^2$ NKY.

Cabeza Terminal

Las cabezas terminales seran las aparentes para cables $3 \times 35 \text{ mm}^2$ NKY, una de ellas para instalación exterior y la otra para instalación interior.

4.2.2 Disyuntor de Potencia

Corriente nominal $I_n = 53.15 \text{ A}$

Corriente de cortocircuito $I_{cc} = 4.33 \text{ KA}$

Corriente choque $I_{ch} = 1.8 \sqrt{2} \times I_{cc}$

$I_{ch} = 1.8 \times \sqrt{2} \times 4.33 \text{ KA} = 11.023 \text{ KA}$

Con la información anteriormente obtenida, en el catálogo del fabricante seleccionamos un interruptor a volumen reducido de aceite de las siguientes características:

$I_n = 630 \text{ A}$, corriente de cierre = 12.5 KA , potencia de ruptura 250 MVA , 12.5 KV , con relé directo regulable de 5 a 400 A

Antes del interruptor se colocará un portafusible para 12 KV con fusibles de 100 A .

4.2.3 Barras de Alta Tensión

Serán de cobre de sección rectangular para que soporten mejor los esfuerzos mecánicos, sus dimensiones serán de 5 x 50 mm (In = 630A) y la separación entre apoyos de 2 m

Esfuerzo electrodinámico por unidad de longitud - de cálculos anteriores sabemos que

$$ICC = 4.33 \text{ KA} \quad ICH = 11.023 \text{ KA}$$

$$F = 2.04 \frac{ICH^2}{d} \times l \times 10^{-8} \text{ Kg}$$

Donde:

F = Fuerza de atracción en Kg entre barras

d = Distancia entre barras en m.

l = distancia entre dos soportes en m

d = 10cm + 1cm/KV = 10cm + 10 cm = 0.20 m.

l = Distancia entre aisladores soporte = 2 m

ICH = Corriente de choque en amperios

$$F = 2.04 \times \frac{11.023^2}{0.2} \times 2 \times 10^{-8} \text{ Kg}$$

osea que $F = 24.79 \text{ Kg}$.

Momento de Flexión

La fuerza calculada anteriormente origina esfuerzos en las barras, los que se calculan por la fórmula.

$$K_o = \frac{M_o}{W_o}, \text{ en kg/cm}^2$$

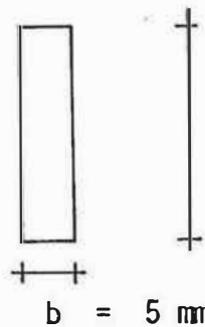
donde $M = \frac{Fl}{8}$ (kg x m) para barra apoyada

en ambos extremos

M = momento flexionante

W_o = momento resistente de la sección transversal de la barra

$$W_o = \frac{1}{6} bh^2$$



Los esfuerzos permisibles para el cobre son:

$$K_o = 2000 \text{ kg/cm}^2$$

F = esfuerzo electromagnético en kg de las barras

$$F = 24.79 \text{ kg}$$

$$l = 2 \text{ m}$$

$$M_o = \frac{F \cdot l}{8} = \frac{24.79 \times 2}{8} = 6.20 \text{ kg x m}$$

$$W_o = \frac{1}{6} \times 0.5 \times 5^2 = 2.08 \text{ cm}^3$$

$$K_o = \frac{6.20 \text{ kg x m}}{2.08 \text{ cm}^3} \times \frac{100 \text{ cm}}{\text{m}} = 297.92 \text{ kg/cm}^2$$

como $297.92 \text{ kg/cm}^2 < 1200 \text{ kg/cm}^2$ las dimensiones de la barra son correctas.

Cálculo de la barra por esfuerzo térmico

La barra elegida es de sección (0.5 x 5) con cuya capacidad de corriente de cortocircuito está dado por la fórmula:

$$I_e = \frac{S}{\sqrt{t}} \sqrt{\frac{(T_1 - T_0) C_e}{r}}$$

donde:

S = sección del conductor en mm^2

t = duración del cortocircuito en seg, depende del tiempo de ajuste de los equipos de protección, según las normas VDE 100 $t = 0.2 \text{ seg}$.

T_1 = temperatura máxima del conductor en $^\circ\text{C}$ durante el cortocircuito = 135°C

T_0 = temperatura del medio, antes del cortocircuito considerada 20°C

r = resistencia específica en $\frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}}$ tomada a 20°C

C_e = calor específico en $\frac{\text{watt} \cdot \text{seg}}{\text{cm}^3 \cdot ^\circ\text{C}}$

Según los datos calculados se tiene:

S = $5 \times 50 = 250 \text{ mm}^2$

t = 0.2 seg

$$T_1 - T_0 = 135 - 20 = 115$$

$$C_e \text{ del cobre} = 3.5 \frac{\text{watts} \times \text{seg}}{\text{cm}^3 \times ^\circ\text{C}}$$

$$r_{20^\circ\text{C}} = 0.01724 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}}$$

$$r_{135} = 0.01724 [1 + 0.0393 (135 - 20)]$$

$$= 0.09515 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}}$$

$$I_e = \frac{250}{\sqrt{0.2}} \sqrt{\frac{115 \times 3.5}{0.09515}}$$

$$I_e = 36.36 \text{ KA}$$

Corriente de cortocircuito que es capaz de soportar la barra, esta corriente es mucho mayor que la corriente de cortocircuito que se presentará en el sistema en estudio, 4.33 KA.

Cálculo de la barra por resonancia

Hay resonancia cuando la frecuencia propia de las barras es igual o muy cerca a la frecuencia eléctrica o a su doble. En caso de resonancia se determina una solici-
ción adicional en los aisladores portabarras. Puesto que los efectos debidos a la resonancia no son fáclmen-
te controlables, resulta conveniente fijar las dimensio-

nes relativas a las barras de manera que no haga resonancia.

La frecuencia propia de las barras, en c/seg, se obtiene con la fórmula:

$$n = 112 \sqrt{\frac{E j}{g l^4}} \text{ c/seg}$$

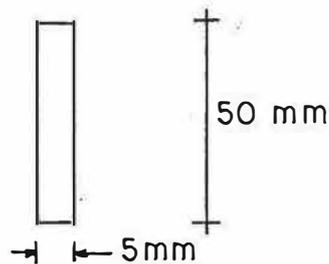
E = módulo de elasticidad del cobre = $1.26 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$

g = peso de la barra en $\text{kg/cm} = 2.23 \text{ kg/m}$

l = distancia entre 2 conductores en $\text{cm} = 20 \text{ cm}$

J = momento de inercia en cm^4 de la sección

$$J = \frac{b^3 h}{12}$$



$$J = \frac{0.5^3 \times 5}{12} \text{ cm}^3 = 5.21 \times 10^{-2} \text{ cm}^3$$

$$n = 112 \sqrt{\frac{1.25 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \times 5.21 \times 10^{-2} \text{ cm}^3}{2.23 \times 10^{-2} \frac{\text{kg}}{\text{cm}} \times 10^4 \text{ cm}^4}}$$

$$n = 473.22 \text{ C/seg.}$$

n , no debe estar comprendida entre los intervalos siguientes

$$54 \leq f \leq 66, \quad 108 \leq f \leq 132$$

Por lo tanto, la barra seleccionada es la correcta.

4.2.4 Aisladores Portabarras

Nivel de Aislamiento

Para redes ubicadas sobre los 1,000 m de altitud y para una temperatura de servicio que tenga un valor máximo que supere los 40°C se requiere hacer correcciones a la tensión nominal de funcionamiento. Como en nuestro caso no se rebasa ninguno de estos límites el nivel de aislamiento es de 10.5 kV según el C.N.E.

Tensión Disruptiva a 60 Hz

De acuerdo al C.N.E. los aisladores soportarán una tensión bajo lluvia a la frecuencia de servicio de:

$$U_c = 21 (U + 5)$$

donde:

$$U = \text{tensión nominal de servicio en kV} = 10.5$$

$$U_c = \text{tensión disruptiva bajo lluvia}$$

$$U_c = 2.1 (10.5 + 5) = 32.55 \text{ kV}$$

Distancia de Fuga

$$L = m \frac{\text{kV}}{\sqrt{s}}$$

Valores de m

Aire Limpio

| | |
|-----------------------------|------|
| De 1 á 3 km del mar | 2.72 |
| No hay sales marinas | 1.70 |
| Con niebla a menudo | 1.95 |
| Líneas a través de Forestas | 2.00 |

Aire poco sucio

| | |
|---------------------|-----------|
| Con niebla a menudo | 2.2 á 2.5 |
|---------------------|-----------|

Fuerte Suciedad

| | |
|------------------------|------------|
| Humo industrial | 2.72 - 3.2 |
| Areas especiales malas | 3.82 - 4.5 |
| A orillas del mar | 3.65 |

Valor de la densidad del aire

$$\delta = 0.9370$$

$$L = \frac{1.7 \times 10.5}{\sqrt{0.937}} = 18.44 \text{ cm}$$

$$L = 7 \frac{1}{4}''$$

Aislador comercial:

En el catálogo del fabricante de aisladores selecciona -
mos un aislador EE NEMA clase 55.4 cuyas características
principales son:

- Tensión disruptiva con onda normalizada

de 1 x 50 μ s

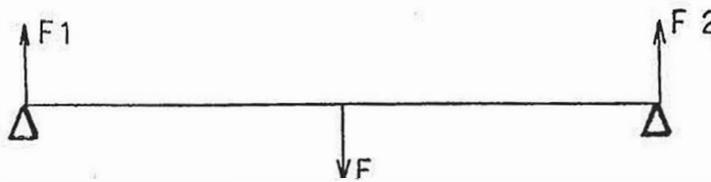
+110 kV,

- 140 kV

| | |
|----------------------------------|----------|
| - Tensión disruptiva en seco | 70 kV |
| - Tensión disruptiva bajo lluvia | 40 kV |
| - Tensión de perforación | 95 kV |
| - Carga de rotura | 3000 lbs |
| - Línea de fuga | 9" |

Esfuerzo electrodinámico de cada aislador

El esfuerzo originado por la atracción y/o repulsión entre las barras de la celda son contrarrestadas por los aisladores porta barras por lo tanto:



$$F = 24,79 \text{ kg}$$

$$F_1 = F_2 = \frac{24,79}{2} = 12,40 \text{ kg} = 27,3 \text{ lb}$$

El aislador seleccionado soporta un esfuerzo de 3,000 lbs, luego su uso es correcto.

4.2.5 Seccionador fusible

El cálculo se hace con el abaco que tiene en cuenta la impedancia del transformador de potencia y la corriente nominal del lado de alta tensión.

$z_{cc} = 4.5\%$, $I_n = 42.5$ A, en abaco resulta un fusible de 80 A. El fusible normalizado tendrá que tener una capacidad de 100A.

4.2.6 Transformador de Potencia

El transformador deberá ser capaz de trabajar con el grupo electrógeno de emergencia, el mismo que tiene una potencia de 675 kW, y considerando un f.p de 0.8, la potencia aparente del transformador será de 844 KVA como mínimo.

4.2.7 Celda de Alta Tensión

Para el dimensionamiento se tendrá en cuenta las siguientes distancias mínimas.

$$\text{Distancia entre conductores: } 10 \text{ cm} + 1 \frac{\text{cm}}{\text{kV}} = 20 \text{ cm}$$

$$\text{Distancia entre conductores y tierra } 8 \text{ cm} + 0.6 \frac{\text{cm}}{\text{kV}} = 14 \text{ cm}$$

La subestación tendrá una celda de llegada y una celda de transformación cada una de las cuales contendrá los siguientes equipos.

Celda de Llegada

- Una cabeza terminal para montaje interior
- Un disyuntor tripolar en volumen reducido de aceite
- Tres accionadores unipolares

Las dimensiones de la celda serán las aparentes para alo

jar a los accesorios ante dichos, respetándose como mínimo las distancias señaladas anteriormente.

Celda de Transformación

- Un transformador trifásico en baño de aceite de:
10 kV/230 V
- Regulación $\pm 5\%$, $\pm 2.5\%$

$$\text{Potencia del transformador (KVA)} = \frac{P \text{ (KW)}}{\cos \phi}$$

Asumiendo un $\cos\phi$ de 0.7

$$\text{KVA} = \frac{589.133}{0.7} = 841.62 \text{ KVA}$$

según catálogo del fabricante se usará un transformador de 1000 KVA.

- Tres bases portafusibles de 12 kV, con fusibles de 100 A.
- Sistema de barras y accesorios.

Las dimensiones de la presente celda dependerán fundamentalmente de las dimensiones del transformador de potencia.

- Altura de la celda

Altura del transformador de potencia 2.28 m

Distancia entre sección fusible y transformador 15 cm

Longitud seccionador fusible 63 cm

| | |
|---|--------------|
| Distancia entre seccionador fusible-barra | 10 cm |
| Distancia entre barra y celda | <u>10 cm</u> |
| Altura total celda transformador | 3.14 m. |

- Profundidad de la celda

| | |
|---|--------------------|
| Transformador de potencia | 1,020 mm |
| Distancia entre transformador de potencia y celda | 2x140 = 280 mm |
| Profundidad total | = 1,300 mm = 1,3 m |

Como la celda de transformación sale de mayores dimensiones que la celda de llegada, será la celda de transformación la que va a determinar la altura y la profundidad de la celda de llegada.

4.2.8 Tablero de Conmutación

Corriente nominal

Considerando el transformador a plena carga se tiene:

$$I_n = \frac{589,133}{\sqrt{3} \times 440 \times 0,8} = 966,3 \text{ A}$$

$$I_{\text{diseño}} = 1,25 I_n = 1200 \text{ A}$$

Corriente de cortocircuito, en el lado de baja tensión

- Según información técnica dado por el fabricante

$$\text{Delcrosa } z_{cc} = 0.045 \text{ pu}$$

$$Z_{\text{transf. A.T.}} = 0.045 \frac{V_n^2}{N_{\text{transf.}}} = 0.045 \frac{10^2}{1} = 4.5$$

- La impedancia de la línea hasta los bornes en alta tensión del transformador será:

$$Z_L = \frac{10 \text{ kV}}{\sqrt{3} I_{\text{CC}}} \times 1.1$$

- Corriente de cortocircuito según datos proporcionados por la Empresa de Energía de Piura es de 4.33 KA
Por tanto, la impedancia Z_L será:

$$Z_L = \frac{10,000 \times 1.1}{\sqrt{3} \times 4,330} = 1.467$$

La impedancia total hasta los bornes de alta tensión del transformador es:

$$\begin{aligned} Z_{T_{A.T.}} &= Z_{\text{trans}_{A.T.}} + Z_{\text{línea}} + Z_L = 4.5 + 2.9 + 1.467 \\ &= 8.787 \Omega \end{aligned}$$

- La corriente de cortocircuito en el lado de alta tensión incluido la impedancia del transformador será:

$$I_{\text{CC}} = 1.1 V_n / \sqrt{3} Z_T$$

$$I_{\text{CC}_{A.T.}} = \frac{1.1 \times 10,000}{\sqrt{3} \times 8.787} = 1,088.8 \text{ A}$$

- La corriente de cortocircuito en el lado de baja tensión será:

$$I_{CC_{B.T.}} = 10\ 88.8 \times \frac{10,000}{440} = 24.8 \text{ KA}$$

- La capacidad de ruptura será: $I_r = \mu_r I_{CC}$

μ_r depende del retardo de la interrupción del circuito y de la relación I_{CC}/I_n , siendo I_n la corriente nominal a plena carga.

Tabla 4.9: Valores de μ_r

| I_{CC}/I_n | Retardo de Interrupción | |
|--------------|-------------------------|---------|
| | 0.25 seg | 0.1 seg |
| 1.5 | 1.0 | 1.0 |
| 2 | 0.95 | 0.98 |
| 3 | 0.83 | 0.90 |
| 4 | 0.76 | 0.84 |
| 6 | 0.68 | 0.78 |
| 9 | 0.63 | 0.74 |

Según cálculos $I_{CC}/I_n = \frac{24.8 \text{ KA}}{0.966 \text{ KA}} = 25.62$

En la tabla $\mu_r = 0.74$

Corriente de ruptura = $I_r = 0.74 \times I_{CC} = 0.74 \times 24.8 \text{ KA}$

$I_r = 18.96 \text{ KA}$

Luego la capacidad de ruptura será:

$$N_r = \sqrt{3} \ V \ I_r = \sqrt{3} \times 440 \times 18.96 \text{ KA} = 14.5 \text{ MVA}$$

Selección de los Interruptores del conmutador

Con los datos calculados en los catálogos del fabricante se escogerá un interruptor de: $I_n = 1200 \text{ A}$, $V_n = 600 \text{ V}$ capacidad de ruptura 20 MVA con relé regulado en 950 Amp.

Barras de Baja Tensión del Tablero de Comutación

- Corriente de cortocircuito

$$I_{cc} = 24.8 \text{ KA}$$

- Corriente de choque

$$I_{CH} = 1.8 \sqrt{2} I_{cc} = 1.8 \sqrt{2} \times 24.8 \text{ KA} = 63.13 \text{ KA}$$

- Fuerza actuante por unidad de longitud (1 mt)

$$F = 2.04 \frac{I_{CH}^2 \times 10^{-8} \text{ kg}}{d}$$

$$d = \text{distancia entre barras} = 10 \text{ cm} + 1 \text{ cm/kV} = 10.5 \text{ cm}$$

$$F = 2.04 \times \frac{63.130^2 \times 10^{-8}}{0.12} = 677.52 \text{ kg}$$

Si consideramos una distancia entre apoyos de 0.12 m

- El momento flector, si se considera una viga con carga uniformemente repartida

$$M_b = \frac{F_a l}{8} = \frac{677.52 \times 0.5}{8} = 42.4 \text{ kg.m}$$

- Esfuerzo en la barra (K)

$$K = M/W$$

donde M = momento de flexión = 42.40 kg-m

W = momento resistente

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

b, h depende de la selección de la barra

Selección de la barra

Para una corriente nominal de 966.3 Amp, según tablas es soportada por una barra de 60 x 10 mm que tiene una capacidad de 1200 Amp.

$$\text{Luego: } W = \frac{1 \times 6^2}{6} = 6 \text{ cm}^3$$

$$K = \frac{M}{W} = \frac{42.4 \text{ kg m} \times 100 \text{ cm}}{6 \text{ cm}^3 \text{ m}} = 705.8 \text{ kg/cm}^2$$

Como el esfuerzo de trabajo máximo permisible en una barra de cobre es de 1200 kg/cm, la barra plegada es la correcta.

- Chequeo de la barra por efecto de resonancia mecánica

El fenómeno de la resonancia se presenta cuando la frecuencia propia de las barras es igual (o muy cerca) a la frecuencia eléctrica o a su doble.

Puesto que los efectos debidos a la resonancia no son fácilmente controlables, resulta conveniente fijar las dimensiones relativas a las barras de manera que no haya resonancia.

La frecuencia propia de las barras se obtiene con la fórmula

$$f = 112 \sqrt{\frac{EJ}{g l^4}} \text{ c/seg}$$

donde:

$$E = \text{módulo de elasticidad del cobre} = 1.25 \times 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

$$g = \text{peso de la barra en kg/cm}$$

$$l = \text{distancia entre dos conductores en cm}$$

$$J = \text{momento de inercia en cm}^4 \text{ de la sección}$$

$$J = \frac{b^3 h}{12}$$

Según la barra elegida se tiene que $b = 1 \text{ cm}$, $h = 6 \text{ cm}$

$$J = \frac{1^3 \times 6}{12} = 0.5 \text{ cm}^4$$

$$g = 5.34 \text{ kg/mt} = 0.0534 \frac{\text{kg}}{\text{cm}}$$

$$l = 75 \text{ cm}$$

$$f = 112 \sqrt{\frac{1.25 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \times 0.5 \text{ cm}^4}{0.0534 \text{ kg/cm} \times 75^4 \text{ cm}^4}} = 68.12 \text{ c/seg}$$

f para producir resonancia debe de estar comprendido

en los intervalos siguientes:

$$60 \pm 10\% \text{ ó } 120 \pm 10\% \text{ o sea}$$

$$54 \leq f \leq 66 \quad \text{ó} \quad 108 \leq f \leq 132$$

como ésto no ocurre la barra elegida es la correcta.

- Cálculo de las barras por esfuerzo técnico

La capacidad de corriente de cortocircuito de una barra está dado por la fórmula:

$$I_e = \frac{S}{\sqrt{t}} \sqrt{\frac{(T_1 - T_0) C_e}{r}}$$

donde:

S = sección del conductor en mm^2

t = duración del cortocircuito en seg

C_e = calor específico del material en $\frac{\text{Watts-seg}}{\text{cm}^3 \times ^\circ\text{C}}$

T_1 = temperatura máxima del conductor en $^\circ\text{C}$

T_0 = temperatura inicial del conductor considerada
 20°C

r = resistencia específica en $\frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}}$ tomada a
 20°C

Los datos según la barra seleccionada son:

$$S = 60 \times 10 = 600 \text{ mm}^2$$

$$t = 0.2 \text{ seg como máximo}$$

$$T_1 - T_0 = 105 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$C_{e_{\text{cobre}}} = 3.5 \frac{\text{watts seg}}{\text{cm}^3 \text{ } ^\circ\text{C}}$$

$$r = 0.01786 \frac{\Omega \times \text{mm}^2}{\text{m}}$$

$$I_e = \frac{600}{\sqrt{0.2}} \sqrt{\frac{105 \times 3.5}{0.01786}} = 192.5 \text{ KA}, 192.5 \text{ KA} \quad 24.8 \text{ KA}$$

como $I_e = 121.73 \text{ KA}$ está muy por encima de la corriente de cortocircuito que se presenta en el sistema, la barra es la correcta.

El tablero de conmutación en 440V constará de dos interruptores automáticos termomagnéticos que efectúan la conmutación entre el suministro de energía de Electro Norte y la del grupo de emergencia, cada uno de estos interruptores a su turno trabajará como interruptor general ya sea que la energía venga de Electro Norte o del grupo electrógeno de la planta.

De los cálculos anteriores se tiene que el interruptor escogido para este trabajo es de:

$$I_n = 1200 \text{ A}, V_n = 600 \text{ V}, \text{ capacidad de ruptura } 20 \text{ MVA}$$

con relés regulado en 950A

4.2.9 Tablero de Distribución en baja Tensión

Este tablero contendrá los siguientes elementos:

Instrumentos de Medición

- 1 Amperímetro 96 x 96 mm escala de 0-1500A, 1500/5
- Conmutador Amperimétrico R-S-T.0
- Voltímetro de 96 x 96 mm escala 0-250V
- Conmutador voltimétrico RS-ST-TR-0
- Los transformadores de corriente 1500/5 clase 1
- Tres bases portafusibles con fusibles de 2A
- 1 kilovatímetro-hora trifásico 5A, 440V
- 1 Frecuencímetro.

Interruptores

- 4 interruptores termomagnéticos de las siguientes características
- Interruptor C-1

$$I_{nC1} = \frac{361.96 \text{ KW}}{\sqrt{3} \times 0.44 \text{ kV} \times 0.8} = 593.7 \quad I_{dC1} = 1.25 \times 593.7$$
$$= 742.11 \text{ A}$$

- Interruptor C-2

$$I_{nC2} = \frac{201.5 \text{ KW}}{\sqrt{3} \times 0.44 \text{ kV} \times 0.8} = 330.47 \quad I_{dC2} = 1.25 \times 330.47$$
$$= 413.08 \text{ A}$$

- Interruptor C-3

$$I_{nC3} = \frac{29.84 \text{ KW}}{\sqrt{3} \times 0.44 \text{ kV} \times 0.8} = 48.94 \quad I_{dC3} = 1.25 \times 48.94$$
$$= 61.18 \text{ A}$$

- Interruptor C-4

$$I_{nC4} = \frac{201.5}{\sqrt{3} \cdot 0.44 \text{ kV} \cdot 0.9} = 330.47$$

$$I_d = 1.25 I_n C4 = 413.08$$

La respuesta de cada uno de estos interruptores ante un cortocircuito es idéntica a la del interruptor general de la planta, $I_{CC} = 24.8 \text{ KA}$ y su capacidad de ruptura será de 20 MVA.

Por lo tanto, en los catálogos de interruptores se escogerán interruptores termomagnéticos de:

I_{C1} : 800 Amp. de corriente nominal, 600 Volt., capacidad de ruptura de 20 MVA

I_{C2} : 400 Amp. de corriente nominal, 600 Volt., capacidad de ruptura de 20 MVA

I_{C3} : 60 Amp. de corriente nominal, 600 Volt., capacidad de ruptura de 20 MVA

Barras de Cobre

De cálculos anteriores $s-q \quad I_{CC} = 24.8 \text{ KA}$

- Fuerza actuante sobre cada barra

$$I_{CH} = 1.8 \times \sqrt{2} \quad I_{CC} = 1.8 \times \sqrt{2} \times 24.8 \text{ KA} = 63.13 \text{ KA}$$

$$F = 2.04 \frac{I_{CH}^2}{d} \times 10^{-8} \times 1 \frac{\text{kg}}{^\circ\text{C}}$$

Si: $l = 1 \text{ mt}$

$$d = 10 \text{ cm} + \frac{1 \text{ cm}}{\text{kV}} = 10 + \frac{1 \text{ cm}}{\text{kV}} \times 0.44 \text{ kV}$$

$$d = 12 \text{ cm} = 0.12 \text{ m}$$

$$F = \frac{2.04 \times 63,130^2 \times 10^{-8}}{0.12} = 677.6 \text{ kg}$$

Considerando una separación de 0.5 m entre aisladores se tendrá:

Momento de flexión M_b

$$M_b = \frac{FL}{8} = \frac{677.6 \times 50}{8} = 4234.5 \text{ kg-cm}$$

Esfuerzo en la barra

$$K = \frac{M}{W}$$

M = momento de flexión

W = momento resistente de la sección transversal de la barra

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

Selección de la barra

$I_n = 966.3A$, que según tablas de los fabricantes de barras, es soportada por una barra de 60 x 10 mm cuya capacidad es de 1200 Amp.

$$W = \frac{bh^2}{6}$$

$$h = 60 \text{ mm}$$

$$W = \frac{1 \times 6^2}{6} = 6 \text{ cm}^3$$

$$b = 10 \text{ mm}$$

$$K = M/W$$

$$K = \frac{4234.5 \text{ kg} \cdot \text{cm}}{6 \text{ cm}^3}$$

$$K = 705.8 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2}$$

Como el esfuerzo de trabajo máximo permisible en una barra de cobre es de 1200 kg/cm^2 , la barra elegida es la correcta.

Cálculo de la barra por resonancia

La frecuencia propia de las barras no debe de ser igual o muy cerca ($\pm 10\%$) de la frecuencia eléctrica o a su doble, es decir no debe estar incluido dentro de los intervalos siguientes:

$$\langle 54, 66 \rangle \quad ; \quad \langle 108, 132 \rangle$$

$$f = 112 \sqrt{\frac{E J}{g l^4}} \text{ c/seg}$$

donde;

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

J = momento de inercia de la sección en cm^4

$$J = \frac{b^3 h}{12} \text{ cm}^4 = \frac{1^3 \times b}{12} = 0.5 \text{ cm}^4$$

g = peso de la barra = 5.34 kg/m = 0.0534 kg/cm

l = 50 cm

$$f = 112 \times \sqrt{\frac{1.25 \times 10^6 \times 0.5}{0.0534 \times 50^4}} \text{ c/s} = 153.3$$

Cálculo de la barra por efecto térmico

Se calcula con la corriente de cortocircuito estacionario I_d y el tiempo t desde cero hasta la apertura del cortocircuito, no incluye el calentamiento de choque, se puede aumentar su t para incluir el calentamiento de choque, este cálculo está condicionado a que:

- 1) No haya cesión de calor al ambiente
- 2) El calor específico del material es constante

$$\theta = \frac{K}{S^2} \cdot I_d^2 (t + \Delta t) \text{ en } ^\circ\text{C}, \Delta t = \left(\frac{I_{cc}}{I_d}\right) T$$

I_d = corriente de cortocircuito rotacional

t = tiempo de duración del cortocircuito

K = constante del material, cobre = 0.0058

T = vale 0.3 en el caso más desfavorable, c.c. tripolar

S = área de la barra en $\text{mm}^2 = 600 \text{ mm}^2$

θ = sobreelevación de temperatura en $^\circ\text{C}$

Se admite 180°C para barras de cobre desnudo.

Cálculos previos:

$I_d = \mu_d I_{cc}$, donde μ_d depende de la relación I_{cc}/I_n ,
en nuestro caso tenemos que:

$$I_{cc} = 24.8 \text{ KA}$$

$$I_n = 966 \text{ A} \quad \frac{I_{cc}}{I_n} = 25.8$$

El valor de μ_d lo elegimos en la tabla siguiente

Tabla 4.10

| I_{cc}/I_n | μ_d con $\cos\phi = 0.8$ |
|--------------|------------------------------|
| 2 | 0.65 |
| 4 | 0.52 |
| 5 | 0.47 |
| 6 | 0.44 |
| 7 | 0.41 |

Tomamos μ_d para el caso más desfavorable $\mu_d = 0.41$

$$I_d = 0.41 I_{cc} = 0.41 \times 24.8 \text{ KA} = 10.2 \text{ KA}$$

$$t = (I_{cc}/I_d) T = (24.8 \text{ KA}/10.2 \text{ KA}) 0.3$$

$$= 2.43 \times 0.3 = 0.7294$$

$$\theta = \frac{0.0058 \times 10,200^2}{600^2} (0.2 + 0.7294) = 1.6$$

La temperatura final será la temperatura de trabajo más la sobreelevación de temperatura o sea

$$70 + 1.6 = 71.6$$

4.3 Central Diesel de Planta de Agua Sullana

El suministro de Agua Potable a la población es permanente y para asegurar la dotación de agua se ha previsto la central Diesel de emergencia para cubrir cualquier falla en el suministro normal de energía eléctrica.

4.3.1 Potencia de la Central

La máxima demanda de energía ha sido determinada en el Capítulo 2. La potencia de la central Diesel deberá satisfacer la máxima demanda puesto que se considera que el funcionamiento de los equipos no debe de alterarse, luego la máxima demanda del sistema es de 589.2KW.

Selección del Grupo Electrógeno

Se ha considerado 1 grupo electrógeno con la suficiente capacidad para absorber la máxima demanda solicitada, no se ha previsto otro grupo a pesar de ser técnicamente aceptable y aconsejado por el Reglamento General de construcciones porque como es central de emergencia solo funcionará en cortos períodos de tiempo.

En la selección del grupo electrógeno se ha involucrado los cálculos como la máxima demanda, capacidad del grupo por la potencia de arranque de los motores a alimentar.

El beneficio en operación que se puede obtener de un grupo electrógeno depende casi exclusivamente del motor Diesel, cuya perfecta operación redundará en mantener constantes los parámetros del alternador, tales como voltaje, frecuencia y respuesta al cambio de carga, parámetros influenciados por la velocidad del motor, por lo cual la bomba de inyección debe estar perfectamente calibrada.

Bases de Cálculo

Fundamentalmente los cálculos están relacionados con la máxima demanda, involucrando en ella la variación de la potencia para todo el período de diseño.

- Teóricamente el cálculo del grupo electrógeno se basa en textos, pero básicamente teniendo en cuenta los catálogos recabados de las firmas ensambladoras y distribuidores de grupos electrógenos en nuestro país Enrique Ferreyros y Cía S. A.
- A falta de normas técnicas relevantes acerca del tema en nuestro país, se ha tenido en consideración las normas de distintos países tales como:
BS-AU-649(1958), SAE J 270, DIN 6270C, ISO 3046, de las normas expuestas la más explícita es la norma Británica BS-AU-649 según la cual la potencia continua máxima que deben dar los fabricantes en sus catálogos debe ser aquella que se obtiene a condiciones normales

y con el ventilador instalado en el motor, éstas condiciones normales son:

| | |
|-------------------------------|------------------|
| Altura sobre el nivel del mar | <500 pies (150m) |
| Temperatura ambiente | <85°F (29°C) |
| Húmedad Relativa | <60% |

Las normas indican que para condiciones diferentes a las normales a las cuales opera un grupo se deberá - hacer las siguientes consideraciones sobre pérdidas de potencia.

| | |
|---|--|
| Altura sobre el nivel del mar para motores de aspiración natural. | Se debe despreciar el 3.5% por cada 300 m por encima de los 150 primeros metros. |
|---|--|

| | |
|---|---|
| Altura sobre el nivel del mar para motores sobrealimentados | Se debe despreciar el 2.5% por cada 300m por encima de los 150 primeros metros. |
|---|---|

| | |
|------------------------------------|---|
| Temperatura del aire de aspiración | Se debe despreciar 2% por cada 10°F (5.55°C) por encima de los 85°F(30°C) |
|------------------------------------|---|

Por humedad en el ambiente Hasta el 6% máximo dependiendo de la cantidad que sobrepasa del 60% de la humedad relativa del ambiente.

Para el caso específico de Sullana solamente se despreciará por temperatura ya que la temperatura máxima llega a 40°C, es decir 10°C sobre las condiciones normales, por lo tanto se desprecia en 3.5%. No se considera corrección por humedad relativa ya que la misma en la ciudad de Sullana es alrededor del 60%.

Luego la potencia del motor Diesel será de $\frac{589.183}{0.965} = 610.55$ que se cumplirá con la potencia comercial del grupo elegido de 675KW.

Determinación de la Capacidad del Grupo de Acuerdo a los KVA de Arranque de los motores

Para la determinación del grupo electrógeno de tal forma que pueda observar las corrientes de arranque de los motores a operar, es necesario remitirse a los fabricantes o representantes, quienes daran las recomendaciones sobre las capacidades de sus grupos; para salvar éstos efectos.

Siendo fundamental ésta característica de acuerdo al tipo de cada fabricante o de acuerdo a las normas que acten, se tendran diferentes formas de determinar la capacidad, así se tiene por ejemplo que ALGESA, fabricante nacional de alternadores, considera que la corriente de arranque del motor más grande a operar no sobrepase del 20 % de la corriente nominal del grupo electrógeno con una caída máxima de 25 % durante el arranque. Otros fabricantes toman en cuenta el orden de arranque de los motores ha operar y asi indistintamente cada fabricante da su especificación considerada.

De acuerdo a diferentes catálogos recabados de distintos distribuidores y fabricantes del medio, considero que la forma de calcular el grupo aplicado por la firma Enrique Ferreyros y Cía S.A. es la más correcta y se aproxima a nuestros requerimientos para absorver la corriente de arranque, segun el mismo se aprecia que el tipo de arranques es primordial para determinar los KVA de arranque.

I. Cargas de Operación

| | | |
|---|----------------|----------|
| A | : Alumbrado | 29 KW |
| B | : Otras Cargas | 27.37 KW |

| | | | |
|---|---|---------------------|---------------------------------|
| C | : | Motores Eléctricos | 150 HP |
| | | (En orden de arran- | 150 HP |
| | | que) | 150 HP |
| | | | 90 HP |
| | | | 90 HP |
| | | | 90 HP |
| | | | 20 HP |
| | | | 20 HP |
| | | | <u>20 HP</u> |
| | | | 780 HP x 0.746 KW/HP = 581.9 KW |

D : Carga Total
 $A+B+C = 29+27.37+581.97 = 638.25$

E : Selección de Potencia
El grupo electrógeno Caterpillar que satisface los requisitos de carga de operación total es el D398TA de 675 KW a 60 Hz y f_p de 0.8.

II. CARGA DE ARRANQUE

| | | | | | | | | | | |
|---|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| A | Orden de arranque motores | 150 HP | 150 HP | 150 HP | 90 HP | 90 HP | 90 HP | 20 HP | 20 HP | 20 HP |
| B | KVA de arranque | | | | | | | | | |
| | 1 = Amperios con rotor fijo (ARF) | 1480 | 1480 | 1480 | 787.5 | 787.5 | 787.5 | 208 | 208 | 208 |
| | 2 = $ARF \times V \times \sqrt{3}$ $= \left(\frac{ARF \times 440 \times \sqrt{3}}{1000} \right)$ KVA | 1127.9 | 1127.9 | 1127.9 | 600.2 | 600.2 | 600.2 | 158.6 | 158.6 | 158.6 |
| C | KVA efectivos | | | | | | | | | |
| | 1 = Potencia para servicio auxi- liar de paso 1E | 675 KW |
| | 2 = Potencia de los motores en funcionamiento | | 150 HP | 300 HP | 450 HP | 540 HP | 630 HP | 650 HP | 670 HP | 690 HP |

| | | | | | | | | | | |
|---|--|--------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| 3 | Divida la potencia de C1 entre la potencia de C2 (KW/HP) | 4.5 | 2.25 | 1.5 | 1.25 | 1.07 | 1.04 | 1.00 | 0.98 | |
| 4 | Usando la respuesta C3 ir a la figura 1 para determinar el factor que compensa los motores de línea, el factor del primer motor es 1 | 1.0 | 1.02 | 1.03 | 1.1 | 1.16 | 1.25 | 1.25 | 1.25 | 1.27 |
| 5 | Multiplicar la respuesta de C4 por los KVA (a) del paso B2 para obtener los KVA (a) efectivos de los | 1127.9 | 1150.4 | 1161.7 | 660.2 | 696.2 | 750.2 | 198.3 | 198.3 | 201.42 |

motores que se
van a arrancar

| | | | | | | | | | | |
|---|--------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|
| 6 | Si se usa un arran | | | | | | | | | |
| | que de voltaje re- | Y- | Y- | Y- | Y- | Y- | Y- | Y- | | |
| | ducido multiplicar | 372.2 | 379.6 | 383.4 | 217.9 | 229.7 | 247.6 | 65.4 | 65.4 | 66.47 |
| | los KVA (a) del | | | | | | | | | |
| | paso C5 por el fac | | | | | | | | | |
| | tor de la tabla 2 | | | | | | | | | |

| | | | |
|--------------|--------|--------|--------|
| GRUPO A USAR | D346TA | D346TA | D346TA |
|--------------|--------|--------|--------|

D : Se elige el grupo electrógeno apropiado, el de mayor capacidad obtenido en los pasos IE y IIC-6, que es de 675 KW o sea el grupo D398TA.

4.3.2 Tablero de Control

Como la capacidad del grupo electrógeno seleccionado cubre la demanda de energía para el período de diseño, las características de interruptor term. magnético serán las mismas que las del interruptor general del tablero de distribución,

Corriente nominal = 1,200A, con releé directo regulado - en 950A

Voltaje = 600 voltios

Fases = 3

Corriente ruptura simétrica = 18.96KA

Potencia de ruptura simétrica = 14.5MVA

Este tablero tendrá además los instrumentos de control del grupo tales como:

Frecuencímetro de lenguetas de 57 a 63 HZ

Voltímetro de 0 a 600 Volt.

Conmutador Voltimétrico

Amperímetro de 0 a 1600A

Control de temperatura de aceite

Control de embalamiento

Marcador de combustible

Botones de arranque y parada.

4.3.3 Cálculo del Cable Alimentador entre el Grupo Electrónico y el Tablero de Conmutación

La interconexión entre el grupo electrónico y el tablero de conmutación se hará por canaleta de sección rectangular de 40x40 cm con tapa de plancha de fierro es triado.

Corriente de Línea

$$IL = \frac{PN}{\sqrt{3} \times V \times \cos \phi} \times 1.25$$

Donde:

PN = Demanda máxima = 589.133KW

Vn = Tensión nominal = 0.44KV

COS ϕ = Factor de potencia de la carga = 0.8

$$IL = \frac{589.133}{\sqrt{3} \times 0.44 \times 0.8} \times 1.25 = 1207.9A$$

La distancia entre el tablero de control del grupo y el tablero de conmutación es de 12m.

Factores de Corrección

Los cables iran colocados en canaletas de 40x40cm de sección por lo tanto el diseño del alimentador está sujeto a los siguientes factores de corrección.

- Por la proximidad de otros cables 0.89
- Por la temperatura de la canaleta 0.95

$$I_d = \frac{1207.9}{0.89 \times 0.95} = 1,428.62$$

Como la corriente a transportar es muy grande usaremos 2 cables por línea, en distancias pequeñas el número óptimo de cables por fase es 1.

$$I_d' = \frac{1428.62}{2} = 711.31A$$

En el catálogo del fabricante INDECO seleccionamos el cable NYY de 300mm²

Comprobación de la caída de tensión

$$\Delta V = \left[\sqrt{3} R I \cos \varphi + \sqrt{3} X I \sin \varphi \right] \times L$$

Donde:

I = Corriente nominal que circula por el cable = 1207.9
: 2 = 604A

R = Resistencia del conductor a 80°C = 0.067 Ω / Km

X = Reactancia del conductor = 0.217 Ω / Km

COS φ = Factor de potencia de la carga = 0.8

L = Longitud del conductor = 12m = 0.012 Km

$$\Delta V = \left(\sqrt{3} \times 0.067 \times 604.00 \times 0.8 + \sqrt{3} \times 0.217 \times 604.00 \times 0.6 \right) \times 0.012$$

$\Delta V = 2.31$, luego el cable elegido es el correcto, ya que la caída de tensión es mucho menor que el 5% requerido por el C.N.E.

4.3.4 Cimentación

La cimentación o base sirve para la instalación del grupo electrógeno y deberá cumplir los siguientes requisitos:

- Sujeta al grupo electrógeno
- Mantiene el alineamiento entre el motor y el alternador
- Aisla las instalaciones y el equipo de las vibraciones del grupo
- Aisla el grupo de las vibraciones de otros equipos - en funcionamiento
- Absorber las vibraciones originadas por el motor, evitando así la transmisión de las mismas a las construcciones civiles vecinas.

Espesor de la Base

$$e = \frac{W}{D \times B \times L}$$

Donde:

W = Peso del grupo = 17,985 lbs

D = Densidad del hormigon = 150 lb/pie³

B = Ancho de la base = 6.23 pies

L = Longitud de la base = 15.75 pies

$$e = \frac{17,985 \text{ lbs}}{150 \frac{\text{lb}}{\text{pie}^3} \times 6.23 \text{ pies} \times 15.75 \text{ pies}}$$

Donde:

$$e = 1.22 \text{ pies}$$

$$e = 37.06 \text{ cm.}$$

Las dimensiones de la cimentación así como los detalles del concreto, y fierro han sido tomadas de las bases de cimentación utilizado por el fabricante "Caterpillar" y el diseño se observa en el plano IEM-03.

4.3.5 Tanques de Combustible

- Dimensiones de Tanque Diario de Combustible

como el grupo electrógeno es para los casos en que - falle el suministro de energía eléctrica, asumimos que la duración máxima de cada apagón es de 2 horas. Del catálogo del fabricante de los motores Diesel - sabemos que el consumo de combustible es de 181.7lt/ hora. El volumen del cilindro será:

$$V = \frac{\pi D^2}{4} \times h$$

Donde:

$$D = \text{Diámetro del tanque} = 70\text{cm} = 7\text{dm}$$

$$h = \text{Altura o longitud del cilindro}$$

$$V = \text{Volumen del tanque diario}$$

$$V = 181.7 \times 2 = 363.4 \text{ lt}$$

$$363.4 = \frac{\pi \times 7^2}{4} \times h$$

Luego el cilindro tendrá 0.7m de diámetro y una longitud de 1 metro,

El volumen en galones será de:

$$V = \frac{\pi \times 7^2}{4} \times 10 = 346.361t \times \frac{1 \text{ Gal}}{3.7851t} = 100 \text{ galones}$$

Dimensiones del Tanque Quincenal de Combustible

Asumimos que las fallas del servicio eléctrico ocurren durante 10 días o sea que la capacidad del tanque quincenal será de $10 \times 100 = 1,000$ galones

Las dimensiones del tanque serán:

$$V = \frac{\pi d^2}{4} h$$

Donde:

$$V = 1000 \text{ galones}$$

$$d = 1.5m = 15dm$$
$$3,785 = \frac{\pi \times 15^2 h}{4}$$

$$h = 2.2 \text{ m.}$$

El cilindro será de 1.5 de diámetro por 2.2 m de largo.

CAPITULO V

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LOS EQUIPOS A USAR

5.1 SALÁ DE BOMBAS DE LA PLAITA DE AGUA POTABLE

5.1.1 Bombas

| | |
|-----------------------|-------------------|
| Marca | : Hidrosta1 |
| Unidades | : 5 |
| Modelo | : 8 x 10 x 14 L |
| Diámetro de succión | : 10" |
| Diámetro de descarga | : 8" |
| Eficiencia | : 70% |
| Potencia absorbida | : 150 HP |
| Caudal requerido | : 173 L.P.S. |
| Altura dinámica total | : 52.84 |
| Velocidad | : 1800 |
| Accionada por | : Motor eláctrico |
| Instalación | : Horizontal |

5.1.2 Motor Eléctrico

| | |
|----------|--------------|
| Marca | : Delcrosa |
| Tipo | : NV 280 M 4 |
| Unidades | : 5 |

| | |
|---------------------|----------------------|
| Potencia | : 150 HP |
| Tensión de servicio | : 440 V |
| Frecuencia | : 60 HZ |
| Número de fases | : 3 |
| Eficiencia | : 92% |
| Eje | : solido |
| Instalación | : Horizontal |
| Rotor | : Jaula de ardilla |
| Arranque | : Estrella triángulo |
| Velocidad | : 1765 RPM |
| Aislamiento | : Clase F |

El motor se acoplará a la bomba mediante disco, e irán montados en una base de acero estructural.

5.1.3 Tuberá de Succión

| | |
|--------------------------|------------------|
| Diámetro | : 12" |
| Material de construcción | : Fierro fundido |
| Terminales | : En bridas |
| Clase | : 150 ASA |

5.1.4 Tubería de Descarga

Desde la bomba hasta la salida de la sala de bomba

| | |
|--------------------------|-------------|
| Diámetro | : 24" |
| Material de construcción | : Acero |
| Terminales | : En bridas |
| Clase | : 200 ASA |

- Tubería de asberto cemento

Desde la salida de la sala de bombas hasta el reservorio elevado

| | |
|--------------------|-----------------------------|
| Diámetro | : 24" |
| Longitud | : 545 m. |
| Clase | : 200 ASA |
| Presión de trabaja | : 200 lb /pulg ² |
| Presión de prueba | : 210 lb /pulg ² |
| Peso | : 545 Kg /tubo |
| Peso de la unión | : 31.7 Kg |
| Peso del anillo | : 0.895 Kg |

5.1.5 Válvula de cierre

| | |
|------------------|---------------------|
| Unidades | : 5 |
| Tipo | : Compuerta |
| Diámetro | : Indicado en plano |
| terminales | : Bribados |
| Clase | : 200 ASA |
| Material: cuerpo | : Fo. Fdo |
| gusano | : Acero |
| asientos | : Bronce |

5 .1.6 Válvula de retención CHECK

| | |
|------------------|-------------------------------------|
| Unidades | : 5 |
| Tipo | : Cierre lento |
| Diámetro | : Indicada en plano |
| Terminales | : Bribados |
| Clase | : 200 ASA (200 /pulg ²) |
| Material: cuerpo | : Fo. Fdo |
| Asientos | : Bronce |
| Disco | : Acero |

5.1.7 Accesorios de hierro fundido

- Uniones flexibles

| | |
|-------------|-----------------------|
| Unidades | : 5 |
| Tipo | : Dreseer |
| Diámetro | : Indicado en plano |
| Clase | : 200 ASA |
| Material | : Acero |
| Instalación | : En tubería de acero |

- Reducciones

| | |
|--------------------------|-------------|
| Dimensiones | |
| Material de construcción | : Fo. Fdo |
| Clase | : 200 ASA |
| Terminales | : En bridas |

- Yees

| | |
|--------------------------|-------------|
| Dimensiones | |
| Material de construcción | : Fo. Fdo |
| Clase | : 150 ASA |
| Terminales | : En bridas |

- Codos

| | |
|--------------------------|-------------|
| Dimensiones | |
| Material de construcción | : Fo. Fdo |
| Clase | : 200 ASA |
| Terminales | : En bridas |

- Niples

Los niples de la succión e impulsión en la sala de bombas serán bridados

Diámetro : Indicado en plano

Material : Acero

Espesor ; Standard 3/8

5.1.8 Tablero de distribución y tablero de control de los motores

serán construidos perfiles y platinas de fierro angular, forrados con planchas del mismo material, de 1/8" de espesor de -
biendo tener puerta frontal de inspección. Todo el tablero se pintará con dos capas de pintura anticorrosiva y acabado con esmalte color amartillado plomo; los perfiles de acero tipo L de 1 1/2" x 1 1/2 x 1/4.

Dimensiones aproximadas

Tablero de distribución: Frente : 1.20

Profundidad : 0.80

Altura : 1.90

Número de unidades: 1

Tablero control de los motores: Frente : 1.20

Profundidad: 0.8

Altura : 1.90

Número de unidades : 5

Cada tablero estará equipado con lo siguiente:

Tablero de distribución

- Interruptor general

| | |
|-----------------------|--------------------|
| Tipo | : Termo magnético |
| Corriente nominal | : 1000 A |
| Corriente de ruptura | : 30 K A |
| Tensión y N° de fases | : 600 V, trifásico |

- Barras de distribución

Las barras a usar serán platinas de cobre electrolítico tipo Bus Bars de sección rectangular de 10 mm x 40 mm

- Instrumentos de medición

2 Transformadores de corriente, clase 1, relación de transformador 600/5, 440 V, 50 V A

2 Transformadores de tensión, clase 1, relación de transformador 440/220, 50VA

1 Amperímetro con escala de 0-600 A, 220 V, instalación vertical, tipo panel, factor multiplicativo 600/5

1 Conmutador amperimétrico 0-R-S-T, instalación vertical

1 Voltímetro con escala 0-600V, instalación vertical, tipo panel, factor multiplicativo 440/220 V

1 Conmutador voltímetro 0-RS-TR-

1 Kilo voltímetrohora trifásico con bobina de corriente de 5 A, bobina de tensión 220 V

1 Lámpara señalización

1 Frecuencímetro de lenguetas de 57 a 63 HZ, tipo panel

Tablero de control de los motores

Numero de unidades : 5

Tipo de control : Estrella-triángulo

Seccionador fusible

Corriente nominal : 250 A

Tensión nominal : 440v

Interruptor termomagnético

Corriente nominal : 225 A

Tensión nominal : 440 V

Corriente de apertura
simétrica : 22 KA

Contactador principal y para la conexión en triángulo

Corriente nominal : 119 A

Numero de fases : 3

Tensión nominal : 440 V

Contador para la conexión estrella

Corriente nominal : 70 A

Numero de fases : 3

Relee Térmico

Corriente nominal 95.2 y A, regulable entre 80 y 110
amperios

Instrumentos de medición

2 transformadores de corriente, 100/5 A, 50 VA, clase 1

1 Conmutador amperimétrico 0-R-S-T

1 Amperímetro 0-100 A

2 transformadores de tensión 440/200 V, clase 1, 50 VA

1 Conmutador voltimétrico RS-ST- TK-0

1 Kilovatímetro trifásico 0-200 KW con bobina de tensión de 220 V

Luces de señal de funcionamiento normal y parada por accionamiento de rele. Además el tablero deberá tener sus unidades de control de nivel de tanque elevado y cisterna.

1 Contador de horas de trabajo, tipo panel, para 220 V

5.1.9 Cables de Alimentación a Sala de bombas

El cable será del tipo NYY unipolar en formación triplex calibre 185 mm^2 , cableado concéntrico, aislado y enchaquetado con PVC de colores blanco, rojo y negro, tensión de servicio 440V, temperatura de operación hasta 80°C .

Se colocaran 2 temas, lo que permite la posibilidad de ejecución de la obra en 2 etapas.

Los cables entre el motor eléctrico y su respectivo tablero de control será de 35 mm^2 y de idénticas características que el cable anterior.

5.2 Cámara de bombeo de desagües

5.2.1 Bombas

| | |
|-----------------------|-------------------|
| Marca | : Hidrosta1 |
| Unidades : | : 5 |
| Modelo | : H 8 D L |
| Diámetro de sección | : 10" |
| Diámetro de descarga | : 8" |
| Eficiencia | : 77 % |
| Potencia absorbida | : 93.12 HP |
| Caudal requerido | : 136. L.P.S |
| Altura dinámica total | : 39.34 m. |
| Velocidad | : 1750 RP 14 |
| Accionada por | : Motor eléctrico |
| Instalación | : Vertical |

5.2.2 Motor eléctrico

| | |
|---------------------|-----------------------|
| Marca | : Delcrosa |
| Tipo | : NV 250 M 4 |
| Unidades | : 5 |
| Potencia | : 90 HP |
| Tensión de servicio | : 440 V |
| Frecuencia | : 60 HZ |
| Número de fases | : 3 |
| Eficiencia | : 91.4 % |
| Eje | : Solido |
| Instalación | : Vertical |
| Rotor | : Jaula de ardilla |
| Arranque | : Estrella- Triángulo |
| Velocidad | : 1800 RPM |

5.2.3 Tubería de descarga en el interior de la cámara, Válvula de Cierre, Válvula de Check, uniones flexibles, Reducciones, Yees, Codos.

Las dimensiones de todos estos accesorios están indicados en los planos.

El material será de fierro fundido

Terminales en bridas

Clase 200 ASA

5.2.4 Tablero de distribución y tablero control de los motores serán contruidos de perfiles y platinas de fierro angular, forrados con planchas del mismo material, debiendo tener puerta frontal de inspección. Todo el tablero se pintará con dos capas de pintura anticorrosiva y acabado con pintura amartillada plomo, los perfiles de acero tipo L de 1 1/2 x 1 1/2 x 1/4 .

Dimensiones aproximadas.

| | | |
|---------------------------|--------------------|--------|
| Tablero de distribución : | Frente | : 1.20 |
| | Profundidad | : 0.80 |
| | Altura | : 1.90 |
| | Número de unidades | : 1 |

| | | |
|------------------------------------|--------------------|--------|
| Tablero de control de los motore : | Frente | : 1.20 |
| | Profundidad | : 0.8 |
| | Altura | : 1.90 |
| | Número de unidades | : 5 |

Cada tablero estará equipado con lo siguiente

Tablero de distribución

- Interruptor general

| | |
|----------------------|------------------|
| Tipo | : Termomagnético |
| Corriente nominal | : 600 A |
| Corriente de ruptura | : 30 KA |
| Nº de fases | : 3 |

- Barras de distribución

Las barras a usar serán platinas de cobre electrolítico tipo BUS. BARS de sección rectangular 40 mm x 5 mm

- Instrumentos de medición

2 transformadores de corriente, clase 1, relación de transformador 600/5, 440 V, 50 VA.

2 Transformadores de tensión, clase 1, relación de transformador 440/220, 50 VA.

1 Kilovatio metro hora trifásico con bobina de corriente de 5 A, bobina de tensión de 220 V.

1 Voltímetro, escala 0-600 V, tipo panel instalación vertical con factor multiplicativo 440/220 V.

1 Conmutador voltimétrico, tipo panel vertical trifásico.

1 Amperímetro, 0-600 A, tipo panel instalación vertical, con factor multiplicativo 600/5 .

1 Conmutador amperimétrico, trifásico, instalade vertical.

1 Frecuencímetro: Tipo panel, de lenguetas, 220 V, alcance:

55 a 65 HZ

Tablero de control de los motores

| | |
|--------------------|----------------------|
| Tipo | : Estrella-triángulo |
| Tensión | : 440 V |
| Potencia del motor | : 90 HP |
| Frecuencia | : 60 HZ |

Señalización de maniobras mediante luces

Seccionador Fusible

| | |
|--------------------|-------------------------|
| Corriente nominal | : 150 A |
| Fusibles | : 150 A |
| Tipo | : Unipolar |
| Acción | : Centro efecto térmico |
| Número de unidades | : 3 |

Interruptor termomagnético

| | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| Corriente nominal | : 125 A |
| Tipo | : Automático-termomagnético |
| Acción | : A bre con carga |
| Corriente ruptura simétrica | : 10 KA |
| Número de fases | : 3 |
| Tensión nominal | : 440 |
| Frecuencia | : 60 Hz |

Contador principal y de conexión triángulo

| | |
|-------------------|--------|
| Corriente nominal | : 80 A |
| Número de fases | : 3 |
| tensión nominal | : 440 |

Contactor para la conexión estrella

Corriente nominal : 45 A
Número de fases : 3
Tensión nominal : 440 V

Relee Térmico

Corriente regulable entre 70 y 90 Amperios

Instrumentos de medición

2 Transformadores de corriente, clase 1, 200/5, 50 VA

1 Amperímetro, tipo panel, instalación vertical, rango de medición 0-200 A, con factor multiplicativo 200/5 .

1 Conmutador amperímetro, tipo panel vertical,

2 Transformador de tensión clase 1, 440/220 V, 50 VA .

1 Voltímetro

Tipo : Panel, trifásico

Rngo : 0-600 V con factor multiplicativo 440/220 .

Tensión nominal : Bobinas 220 V

1 Conmutador voltimétrico, tipo panel, trifásico.

1 Kilovatímetro, tipo panel, trifásico, rango 0-100 KW, con bobina de tensión de 220 V

Control de nivel de líquidos en la cisterna.

Barras de distribución

Las barras a usar serán platinas de cobre electrolítico tipo BUS-BAR de sección rectangular de 10 mm x 40 mm

5.2:5 Cable de Alimentación de la Cámara de Desagues

El cable será del tipo NYY unipolar en formación triplex calibre 120 mm^2 , cableado concéntrico, aislado y enchaquetado con PVC, temperatura de operación hasta 80°C , tensión de servicio 440 V se colocaran dos ternas, que permitira la posibilidad de ejecutar la obra en 2 etapas.

El cable de alimentación entre el tablero de control y su respectivo motor eléctrico es de 10 mm^2 de idénticas características que el cable anterior.

5.3 Sala de Dosificación y Galería de filtros

5.3.1 Compresor

El compresor será de una sola etapa de 2 cilindros refrigerado por aire, destinado a lavar los filtros accionamiento mediante correas desde un motor eléctrico de 20 HP, de 4.55 m³/mm de capacidad, y de 43 lb/pulg² de presión

5.3.2 Motor Eléctrico

| | |
|---------------------|----------------------|
| Marca | : Delcrosa |
| Potencia | : 20 HP |
| Unidades | : 3. |
| Tensión de servicio | : 220 |
| Velocidad | : 1800 R.P.M |
| Frecuencia | : 60 HZ |
| Eficiencia | : 89 % |
| Eje | : Solido |
| Instalación | : Horizontal |
| Rotor | : Jaula de ardilla |
| Arranque | : Estrella-Triángulo |
| Velocidad | : 1765 HZ |
| Aislamiento | : Clase F |

5.3.3 Tableros de control de los compresores

Serán construidos de perfiles y platinas de fierro angular, forrados con planchas del mismo material, debiendo tener puerta frontal de inspección. Todo el tablero se pintará con dos capas de pintura martillado plomo, con perfil de acero tipo

L de $1 \frac{1}{2} \times 1 \frac{1}{2} \times \frac{1}{4}$

Tipo : Estrella-Triángulo para empotrar en pared

Numero de unidades : 3

Tensión : 440 V

Potencia de motor : 20 HP

Frecuencia : 60 HZ

Señalización de maniobras mediante luces

- Seccionador fusible

Corriente nominal : 40 A

Fusibles : 40 A

Tipo : Unipolar

Acción : Contra efecto térmico

Numero de unidades : 3

- Interruptor termomagnético

Corriente nominal : 30 A

Tipo : Automático- Termomagnético

Acción : Abre con carga

Corriente de ruptura simétrica: 10 KA

Número de fases : 3

Tensión nominal : 440

Frecuencia : 60 HZ

- Contador principal y de conexión estrella

Corriente nominal : 20 A

Número de fases : 3

Tensión nominal : 440 V

- Contador para la conexión estrella

Corriente nominal : 12 A

Número de fases : 3

Tensión nominal : 440 V

-- Relee Térmico

Corriente nominal regulable entre 10 y 17 amperios

- Instrumentos de medición

1 Amperímetro, tipo panel, instalación vertical

Rango de medición : 0-50 Amp.

Tensión nominal : 220 V

1 Conmutador amperimétrico, tipo panel, O-R-S-T, 440 V

1 Voltímetro

Tipo : panel trifásico

Rango : 0- 600 V

Tensión nominal : bobina 220 V

- 1 Conmutador voltimétrico, tipo panel, O-R-S-ST-TR, 440 V, trifásico.
- 1 Kilovatímetro, tipo panel trifásico C-2 KW bobina de corriente de 5 A, bobina de función de 220 V.
- 1 Frecuencímetro, tipo panel, de lenguetas, instalado vertical tensión de servicio 220 V.
- 2 Transformador de tensión, monofásico, 440V/220V, clase 1, 25 V.A .

5.3.4 Cable de Alimentación de los Compresores

El cable será del tipo NYY unipolar con formación triplex, cableado concéntrico, aislado y enchaquetado con PVC de colores blanco, rojo y negro, tensión de servicio 440 V, temperatura de operación hasta 80°C

El calibre del conductor entre la sub estación y la sala de compresión 2 es de 16 mm² y entre la sala 2 y 3 será de 10mm².

El calibre del conductor entre el tablero de arranque y el motor eléctrico será de 2,5 mm² de idénticas características que el cable anterior.

5.4 Grupo Eléctrogeno

5.4.1 Condiciones Generales de Trabajo

El edificio en que va a instalarse el grupo está a una altura aproximada de 60 m. s.n.m. El grupo electrógeno se colocará en el interior de la casa de fuerza.

La temperatura ambiente máxima de lugar de emplazamiento del grupo será de 28°C .

5.4.2 Motor Diesel

| | |
|---|--|
| Tipo | : Estaciona i |
| Potencia | : Necesaria para accionar al generador de 589.133 KW en condiciones de instalación y funcionamiento. |
| Velocidad | : No mayor de 1800 R.R.M |
| Ciclo de | : 4 Tiempos |
| Sistema de enfriamiento | : Por agua con radiador y ventilador. |
| Sistema de lubricación | : A presión mediante bomba rotatoria. |
| Sistema de arranque,tipo de filtro de aire. | : Eléctrico con motor de arranque y baterías, seco reemplazable |
| Sistema de admisión de aire | : Turbolimentado |
| Sistema de regulación de velocidad | : regulador tipo centrífugo o similar quemantenga la frecuencia con una diferencia de 3 periodos entre vacío y plena carga . |
| Tuberia de escape silenciador | : Para impulsar los gases a 2.5 m. sobre el motor |
| Dispositivo de seguridad | : Para automática en casos: de temperatura o presión anormales |

| | |
|---|--|
| Acoplamiento | : Flexible giratorio con el generador eléctrico |
| Tablero de control del motor equipado con | : Botones de arranque y parada. Manómetro de combustible Manómetro de aceite Medidor de temperatura Amperímetro Tacómetro Horómetro Alarma optica-accústica |
| Bases | : Vigas de acero |
| Manual de operación y mantenimiento | : 3 ejemplares |
| Catálogo de instalación | : 3 ejemplares |
| Garantía | : 1 año |

5.4.3 Alternador

| | |
|--|--|
| Tipo | : Síncrono de campo giratorio sin escobillas |
| Potencia efectiva a 100 m sobre el nivel del mar y 28°C de temperatura ambiente promedio | : 589.133 KW |
| Tensión de generación | : 440/220 V |
| Frecuencia | : 60 HZ |
| Factor de potencia | : 0.8 |
| Conexión | : Estrella con neutro accesible |
| Velocidad | : No mayor de 1800 R.P.M. |

| | |
|-------------------------------------|-------------------------------|
| Clase de aislamiento | : F |
| Regulación | : Voltaje y frecuencia |
| Acoplamiento con el motor Diesel | : Directo flexible, giratorio |
| Sistema de excitación | : Antoexcitado y antoregulado |
| Manual de operación y mantenimiento | : 3 ejemplares |
| Catálogo de instalación | : 3 ejemplares |
| Garantía | : 1 año |

5.4.4 Repuestos

Debe incluir un lote de repuesto para 10,000 horas de servicio que incluya como mínimo lo siguiente:

- Elementos para filtros de aceite combustible y aire.
- Juego de empaquetadura.
- Juego de anillo para todos los cilindros.
- Juego de casquillos de biela.
- Toberas para inyectores.
- Válvulas de admisión y escape.

5.4.5 Herramientas

Consiste en un juego completo de llaves de los diferentes tipos para el mantenimiento del motor, además de engrasadora, aceitera, etc. Adjuntar una lista en que se especifiquen las herramientas que incluye

5.4.6 Placa de Base

Será de acero perfilado común para el motor Diesel y generador de manera que forman una unidad rígida.

El montaje y alineamiento de la unidad sobre la placa base será efectuada en los talleres del fabricante.

5.4.7 Tablero de Mando

El control de arranque del motor actuará al cerrarse un contacto, y el control de paro actuará al abrirse el mismo contacto. Se instalará también luces, alarmas y paro por sobretemperatura del agua, baja presión de aceite y sobrevelocidad. Estará equipado con:

- 1 Amperímetro tipo panel, de 0-1,500 A, de 96 x 96 mm
- 1 Conmutador amperímetro tipo panel
- 1 Voltímetro, 0-600 V, tipo panel
- 1 Conmutador voltímetro tipo panel
- 1 Frecuencímetro de lenguetas, tipo panel, de 55 a 65 Hz
- 1 Medidor de potencia reactiva, tipo panel de 96 x 96 mm
- 1 Medidor de energía activa en KW-h, tipo panel 96x96mm
- 3 Transformadores de corriente, 1500/5, 50 A, clase 1
- 2 Transformadores de tensión, 440/220, 50 A, clase 1
- 1 Interruptor automático de potencia con protección directa contra sobre cargas y corto circuitos $I_N=1200$ A, I_{cc} SYM= 19. KA
- 1 Regulador de tensión de un mínimo de $\pm 5\%$ de la tensión nominal
- 3 Fusibles de protección del tipo NH de 2 A, para circuito de mando

5.4.8 Tanques de Combustibles

Tanque Semanal

Cilindro de 100 galones de capacidad, construido de planchas de acero de $\frac{1}{8}$ " de espesor, tipo A-20, para instalar en soporte metálico fijado a la pared y será de acuerdo al plano IEM 03.

El tanque y el soporte deben de pintarse con anticorrosivo y esmalte de color plomo.

Tanque quincenal

De forma cilíndrica de 1000 galones de capacidad, construidos de planchas y perfiles de acero de $\frac{1}{8}$ " pintado con : anti-corrosivo y esmalte color plomo será para instalación exterior debajo de nivel del piso, con una tapa de inspección de 0.6 m de diámetro que a la vez sirve para el llenado de combustible.

Bomba Manual

| | |
|----------|---|
| Tipo | : reloj |
| Diámetro | : \emptyset 1" |
| Uso | : Succión de combustible de tanque quincenal a tanque diario. |

5.4.9 Cable Eléctrico entre Tablero de Control del Grupo y el Tablero de Conmutación

El cable será del tipo NYY unipolar conformación triplex calibre de 300mm^2 , cableado concéntrico, aislado y enchaquetado con PVC de colores blanco, rojo y negro, tensión de servicio 440 V, temperatura de operación 80°C . Se colocaran 2 ternas, usando 2 cables por línea e iran en canaleta de 40 x 40 cm tapado con plancha metálica estriada.

5.5 Subestación de Transformación

5.5.1 Las celdas de llegada y transformación serán del tipo integral constituidas por estructuras de fierro angular provistas de puertas frontales, protecciones laterales, ejecutada en plancha de fierro arenada, pintada con dos manos de pintura anticorrosiva y dos de esmalte de las siguientes dimensiones:

| <u>Celda de llegada</u> | <u>Celda de transformación</u> |
|-------------------------|--------------------------------|
| Frente : 1.28 m | Frente : 2.5 m |
| Profundidad : 1.80 m | Profundidad : 1.80 m |
| Altura : 3.14 m | Altura : 3.14 m |

Sistema de barras y accesorios de conexión para 12 KV de tensión nominal, de cobre electrolítico de sección rectangular de 50 x 5 mm pintadas de diferentes colores (verde, blanco y rojo) con accesorios de conexiones y derivación.

Los aisladores portabarras constituidos por aisladores de porcelana de forma tronco cónica con barras metálicas de las siguientes características:

Aislador EE NEMA clase 55.4

Tensión disruptiva con onda

Normalizada de 1 x 50 Lb + 110 KV, 140 KV

Tensión disruptiva en seco 70 KV

Tensión disruptiva bajo lluvia 40 KV

Tensión de perforación 95 KV

Carga de rotura 3000 Libras

Línea de fuga 9"

El equipo que contendrá cada celda es el siguiente:

Celda de llegada

- Botella o cabeza terminal para cable de 3 x 35 mm², 10 KV
- Tres seccionadores unipolares tipo cuchilla para 100 amperios, 10 KV
- Disyuntor tripolar en volumen reducido de aceite de las siguientes características
 - Corriente nominal : 630 A
 - Corriente de ruptura simétrica : 12.5 KA
 - Potencia de ruptura : 250 MVA
 - Tensión nominal : 10 KV
- Dos reles directos de máxima corriente de In=100 con regulación de corriente y de tiempo.

Celda de transformación

- Seccionador fusible de las siguientes características
 - Baras portafusibles de 12 KV, con fusibles de 100 A tipo cartucho, de característica de funcionamiento de operación lenta.
- Transformador
 - Marca : Delcrosa
 - Potencia : 1000 KVA
 - Nº de fases : 3
 - Frecuencia : 60 HZ
 - Devanado de alta tensión : 10 KV
 - Devanado en baja tensión : 440 V y 220 V (5%)

| | |
|------------------------|--------------------------------------|
| Regulación | : $\pm 25\%$, $\pm 5\%$, sin carga |
| Nº de bornes de alta | : 3 |
| Nº de bornes de baja | : 3 en 440 V y 3 en 220V (50KVA) |
| Grupo | : Dy 11 |
| Sobre carga permisible | : 2.5% de potencia nominal |
| Refrigeración | : Natural con aceite |
| Instalación | : Interior sobre rieles con perfil U |
| Dimensiones | : Aprox 2.2 x 1.5 x 2.16 m |

Dos transformadores de corriente 100/5A, 10 KV, clase 1, 50VA

Dos transformadores de tensión 10,000/440 V, clase 1, 50 VA

Tres bases portafusibles de 12 KV, 10 A

Tres cartucho fusible de 12 KV, 5A, para protección circuito de medición

Un amperímetro y 0-100 A, con conmutador de fases, tipo panel de 96 x 96 mm

Un voltímetro, 0-15 KV, con conmutador de fases, tipo panel de 96 x 96 mm

Un kilovotímetro, 0-100 KW, 5 A, 220V, tipo panel de 96 x 96 mm

Un medidor de energía activa trifásica de doble tarifa con indicación de máxima demanda, integrada y acumulativa, con la bobina amperimétrica de 5 A, y la voltimétrica de 220 V

Un medidor de energía reactiva trifásica con sus bobinas amperimétrica y voltimétrica de 220V, 5A.

5.5.2 Tablero de Conmutación

Será del tipo autosoportado construido de perfiles y platinas de fierro angular de 1 1/2" x 1 1/2" x 1/4" forrado con planchas del mismo material de 1/8" de espesor, arenada y pintada con dos manos de anticorrosiva y dos de esmalte color plomo amartillado.

El tablero además de cumplir las funciones de transferencia entre los grupos de emergencia y el suministro normal proporciona un control totalmente automático de arranque del grupo y conmutación de carga de la siguiente manera: Cuando se interrumpe el suministro normal de energía cierra el circuito de arranque de control remoto arrancando el grupo alectrógeno, cuando vuelve la energía abre el circuito de arranque y paro parandose el grupo.

Las dimensiones aproximadas del tablero son:

| | |
|---------------------|----------|
| Frente | : 1.20 m |
| Ancho ó profundidad | : 0.60 m |
| Altura | : 2.55 m |

El equipamiento del tablero consistirá en:

2 interruptores termomagnéticos de $I_n=1200$ A $V_n=600$ V, Corriente de ruptura simétrica de 19 KA potencia de ruptura 20 MVA, con relee regulado en 950 A. Ambos interruptores funcionaran con un sistema de enclavamiento eléctrico para impedir el funcionamiento en paralelo entre el grupo de emergencia y el suministro de la empresa de la energía; además cada interruptor estará equipado con relee de mínima tensión.

Las barras a instalar serán platinas de cobre electrolítico, tipo BUS-BARS de sección rectangular de 60 x 10 mm.

5.5.3 Tablero de Distribución General en 440 V

Será construido de perfil y platinas de fierro angular forrados con planchas del mismo material de 1/8" de espesor, debiendo tener puerta frontal de inspección. Deberá ser pintado con esmalte, color amrtillado plomo, los perfiles de acero tipo L de $1\frac{1}{2} \times 1\frac{1}{2} \times \frac{1}{4}$

Dimensiones aproximadas

| | |
|---------------------|----------|
| Largo | : 1.20 m |
| Ancho ó profundidad | : 0.60 m |
| Altura | : 2.55 m |

El equipamiento del tablero consistirá en:

Un interruptor termomagnético: $I_n=800$ A, potencia de ruptura 20 MVA, $I_r=26$ KA

Un interruptor termomagnético: $I_n=400$ A, potencia de ruptura 20 MVA, $I_r=26$ KA

Tres interruptor termomagnético: $I_n=60$ A, potencia de ruptura 20 MVA, $I_r=26$ KA

Un interruptor termomagnético: $I_n=100$ A, potencia de ruptura 20 MVA, $I_r= 26$ KA

Luces de señal de operación de interruptores

Barras de cobre electrolítico de sección rectangular de 60 x 10 mm, pintadas de diferentes colores: verde, blanco y rojo.

Instrumentos de medición

2 Transformadores de corriente, clase 1, 200/5 A, 600 V, 50 VA

2 Transformadores de tensión clase 1, 440/220 V, 50 VA

1 Conmutador amperimétrico tipo panel O-R-S-T, 600 V

1 Conmutador voltimétrico tipo panel, O-RS-ST-TR, 600 V

1 Amperimétrico, tipo panel, 96 x 96 mm instalación vertical, de 0 a 200 A, con factor multiplicativo de 200/5

1 Voltímetro, trifásico, de 0-600 V, tensión nominal bobina 220 V tipo panel de 96 x 96 mm,

1 Kilovatímetro, tipo panel de 96 x 96 mm. trifásico, bobina voltimétrica 220 V bobina amperimétrica de 5A, rango de 0 a 100 KW

1 Kilovatímetro-hora, idéntico de anterior para medición de energía.

5.5.4 Tablero de distribución en 220 V

Será construido de perfiles y platinas de fierro angular formados con planchas del mismo material de 1/8" de espesor, .. de biendo tener puerta frontal de inspección. deberá ser pintado con anticorrosiva plomo, los perfiles de acero tipo L de 1 1/2"x 1 1/2" x 1/4 y equipado con interruptores termomagnéticos indicados en el plano e instrumentos de medición siguiente:

1 Amperímetro, tipo panel, de 96 x 96 mm 0-100 A, factor multiplicativo 100/5

1 Conmutador amperimétrico, 220 V 0-R-S-T, tipo panel

1 transformador de corriente, 100/5, 220 V, clase 1

1 Kilovatímetro-hora, con bobina amperímetro de 5 A, y bobina voltimétrica de 220 V, tipo panel de 96 x 96 mm

1 Voltímetro, de 0-230 V, instalación en panel vertical de 96 x 96 mm

Las dimensiones aproximadas del tablero son:

Frente : 2.0 m

Fondo : 1.0 m

Altura : 2.2 m

5 .5.5 Cable de Alimentación de la Subestación

Conductor de cobre electrolítico blando, cableado concéntrico, con aislamiento de cintas de papel de celulosa pura impregnados en aceite no migrante chaqueta interior de aleación de plomo y protección exterior con una chaqueta de PVC color rojo tensión de servicio 10 KV, de 35 mm² .

5.6 Lineas de Transmisión

5.6.1 Normas Aplicables

Las siguientes son las normas aplicables de los materiales y equipos de la línea.

- TINTEC Instituto de Investigación Tecnológica Industrial y normas técnicas.
- C.N.E Código Nacional de Electricidad Tomo IV
- ASTM American Society for Testing Material

Se aceptaran otras normas internacionales o diseños típicos equivalentes, siempre que no signifiquen una reducción de la calidad, de los materiales y/c equipos. Se indicará claramente en la ofertas los diseños de producto ofrecido como alternativa.

5.6.2 Materiales de la Línea

- El conductor será de cobre electrolítico, en temple duro, cableado, concéntrico formado por 7 hilos, calibre N°4 AGW o 21.15 mm^2 .
- Accesorios para los conductores
- Las juntas de empalme serán para el conductor especificados y del tipo compresión, de cobre, con resistencia a la tracción no menor al 100% de la carga de rotura del conductor. La conductibilidad eléctrica y la capacidad de corriente del empalme realizado no debe ser inferior a la del conductor.

- La grapa paralela para cuello muerto será del tipo de ajuste mecánico, de aluminio, adecuado a los conductores especificados.

- Los alambres de amarre serán del tipo preformado para el conductor especificado, de cobre, para ser usado con pin simple y doble .

- Crucetas y accesorios

Serán fabricados de acuerdo a las medidas y especificaciones detallados en planos, seran de concreto armado, en una sola pieza de 1.2 m de largo y hueco de \emptyset 50 mm. en el centro y en los extremos huecos de 7/8" para perno de doble ojo de 3/4" \emptyset aislador de suspensión y/o espiga 3/4" aislador tipo pin.

- Aisladores

El material dieléctrico aislante podrá ser de porcelana o vidrio templado, y las partes metálicas de hierro maleable ó acero galvanizado en caliente, segun normas ASTM-A-153.

La superficie completa del aislador estará libre de efectos, llevarán marcados en forma legible el nombre del fabricante, el año de fabricación y la clase que corresponde.

Tipo Pin

Seran de la clase ANSI- 55-4 y tendran las siguientes características:

Carga de rotura : 3,000 lbs.

Tensión mínima de descarga en seco : 85 KV

Tensión mínima de descarga bajo lluvia : 45 KV

Tensión de perforación a 10 KV : 115 KV

Longitud de fuga : 12"

Mínima altura de pin : 14"

Tipo : Suspensión

Logitud de fuga : 11 1/2"

Tensión mínima de descarga en seco : 80 KV

Tensión mínima de descarga bajo lluvia : 50 KV

Carga de rotura : 2,175.3 lb.

Mínima altura de pin : 14"

Accesorios para aisladores

Los accesorios de fierro serán galvanizados de a cuerdo a la norma ASTM-A-153, deberán ser piezas de uso corriente en la construcción de líneas de transmisión y de los cuales los fabricantes mantienen normalmente existencia en almacen.

Los pasadores deben ser de bronce ó latón pudiendo ofertarse alternativas de pasadores de acero inoxidable.

La referencia que se hace a catálogo de fabricantes solo tiene el propósito de definir al elemento .

- Las grapas de ángulo serán de fierro galvanizado
- Las pinzas de anclaje serán de aleación de aluminio, del tipo a presión
- El adaptador casquillo-ojo será de fierro galvanizado
- El perno de ojo de fierro galvanizado
- El adaptador bola y horquilla será de fierro galvanizado
- La cadena anclaje de fierro galvanizado
- La tuerca de ojo de fierro galvanizado, para pernos de 5/8" y 1/2" \emptyset
- Las espigas para aislar Pin, serán de fierro galvanizado; las que se usan en cruceta y punta de poste será de 1" \emptyset (25.4 mm) en la cabeza 1 1/2" \emptyset (44.45 mm), en la base y 3/4" \emptyset (19,10 mm) en la canilla, del tipo Short Shank, es fuerza mecánica mínimo de 1,000 Lbs. (455 Kg) .

Materia para Retenidas

- Conductor
Será de acero galvanizado constituida por 7 hilos de 3.05 mm de diámetro cada uno, diámetro total de la trenza 0.53 mm, carga de rotura no menor a 3,159 Kg
- Perno pasante con ojo
Tendrá rosca en un extremo, llevará una arandela soldada al perno a 2 cm del ojo y rosca para recibir 2 tuercas y deberá soportar un tiro no menor de 3,800 Kg, diámetro aproximado de 3 cm.

- Guarda cable

Será de acero galvanizado en caliente permitirá el ingreso y salida del perno con ojo, aptos para cable de 3/8" de diámetro

- Conector de sujeción del cable

Será de dos vías, con dos pernos de ajuste pasante aptos para cable de 7/8" de diámetro traeran la pista de entrada para evitar el deslizamiento del cable

- Grapa para fin de cable

Destinada a preservar los hilos cortados

- Varilla de anclaje

Será de acero galvanizado de 3/4" \emptyset , traerá en su extremo un ojo para anclaje de dos cables y el otro extremo roscado con su respectiva tuerca, longitud mínima 2.4 m hasta el nivel del terreno .

- Bloque de anclaje

Será de concreto con mezcla de 250 Kg/m³ y de 0.5 x 0.5 x 0.15 m llevará platina de fierro de 0.25: x 0.25 m x 1/4" de espesor con hueco de 3/4" \emptyset en el centro

- Postes

Seran del concreto armado de las siguientes características

| | |
|----------------------|----------|
| Longitud | : 11 m |
| Esfuerzo en la punta | : 200 Kg |
| Diámetro en la punta | : 120 mm |
| Diámetro en la base | : 285 mm |

Equipos de Seccionamiento

Los seccionadores cortacircuitos fusibles, unipolares, tipo " CUT-DUT" para instalación exterior en crucetas de concreto para tensión nominal de 14.4 KV, capacidad máxima del portafusibles 200 A

El accionamiento será automático al fundirse el fusible o mediante al uso de pértiga de enganche

En su desplazamiento al abrirse, el portafusible no pasará más allá del plano vertical que contiene la grapa inferior para evitar el daño mecánico al mismo. Tendrán grapas terminales de canales paralelos, tipo universal para recibir conductores hasta N°1/0 AWG

- Pertiga de maniobra, de fibra de vidrio epóxica de 1 3/4" \emptyset y 6.0 m de longitud

- Accesorios de puesta a tierra compuesta de:

Varilla de puesta a tierra de cobre electrolítico, 5/8" \emptyset y 2.4 m de longitud

Conector de cobre a varilla para cable N°6 AWG

Alambre de cobre N°6 AWG, temple blando

Tubo conduit de 1/2" \emptyset

5.6.3 Especificaciones técnicas para el montaje de línea

Replanteo

El contratista será responsable de efectuar todo el trabajo de campo necesario para replantear la ubicación de las estructuras de soporte de las líneas. Deberá ser efectuado por personal experimentado. Incluirá las siguientes operaciones: Ubicación de las estructuras, secciones transversales, determinación de cantidades finales. En todas éstas tareas y antes de tomar alguna decisión, deberá ser consultado al ingeniero supervisor.

Transporte y manipuleo

El contratista transportará y manipulará todos los materiales con el mayor cuidado, sin arrastrarlos ni rodarlos por el suelo.

Excavación

Se realizará para la cimentación de postes y bloques de anclaje para retenidas, los taludes laterales de la excavación serán de acuerdo a lo que indique el Ingeniero de campo. Las dimensiones de la excavación para cimentación es variable según el tipo de terreno, conforme lo mostrado en los planos.

Concreto

La calidad de los materiales, preparación de la mezcla y pruebas del concreto deberá cumplir estrictamente con lo especificado en el Reglamento Nacional de construcciones en vigencia. Tendrá una resistencia mínima a la compresión de 210 Kg/cm² a los 28 días.

Cimentación de Postes

Tomando en cuenta la conformación de la superficie a lo largo del trazo de las líneas, se ha considerado dos tipos de terreno. Se deberá ejecutar sin embargo pruebas de la resistencia mecánica del terreno, y con los resultados se aplicará uno de los tipos de fundación previstos. Concluida la cimentación, se procurará que el terreno adquiera una consolidación similar a la del terreno circundante.

Montajes de Armados

Todas las estructuras se muestran en los planos, el material deberá ser manipulado cuidadosamente durante el transporte y montaje para evitar daños del mismo. Se revisará las superficies galvanizadas antes de proceder a instalar la ferretería, en caso de daño se informará al Ingeniero Supervisor.

Medición de la Resistividad del Terreno y de la Resistencia a Tierra de las Estructuras

Antes de ejecutar las excavaciones para la cimentación de las estructuras se medirá la resistividad superficial del terreno en el emplazamiento de cada estructura. En el fondo de cada excavación se instalará la varilla de puesta a tierra, se medirá la resistencia a "Tierra remota", con las instrucciones específicas del Ingeniero Supervisor y en presencia del mismo. Las mediciones se efectuarán por el método "Caida de potencia". Los valores máximos de resistencia a "tierra remota" serán de 600Ω .

Cuando sea necesario, se instalarán más varillas hasta conseguir la resistencia indicada.

Instalación de aisladores

Se ejercerá el mayor cuidado para asegurar que los aisladores no sufran ningún daño durante el transporte y la instalación.

Antes de proceder al ensamble se limpiará cuidadosamente cada aislador, practicando una detenida inspección para asegurarse que el material empleado esté en perfectas condiciones si durante la inspección se detecta algún defecto se notificará al Ingeniero, quien determinará si la unidad puede emplearse ó es reemplazada.

El contratista será responsable de los daños que pudieran sufrir los aisladores durante el montaje de las estructuras.

Instalación del conductor

El conductor es de cobre, se ejercerá en todo momento el mayor cuidado para asegurar que el conductor no se dañe durante el almacenamiento, transporte y montaje.

Cualquier daño será reparado, empleando manguitos de reparación si el daño es menor, o cortando y empalmado el conductor cuando el daño así lo requiera.

El conductor será tendido bajo tensión mecánica durante toda la operación de tendido, se empleará dispositivos adecuados para mantener el conductor con tensión suficiente para evitar que to que el suelo o arrastre.

La operación de tendido será ejecutado por personal debidamente capacitado y se tomará las debidas precauciones para asegurarse que las crucetas no sean dañadas durante dicha operación se em empleará el conductor en forma tal de reducir al mínimo posible el número de empalmes. Los empalmes y manguitos de separación serán del tipo compresión y se aplicará siguiendo estrictamente las recomendaciones del fabricante de los mismos. No se instalará ningún empalme a menos de 3 metros de una estructura, ni en vanos que cruzan líneas de comunicación y casas.

La puesta en flecha del conductor se efectuará en horas en que la velocidad del viento sea nula o muy baja.

Con el fin de evitar errores en el tensionado del conductor por efecto del envejecimiento, el conductor deberá ser puesto en flecha tan pronto como sea posible después del tendido, pero dejando transcurrir un tiempo prudencial para permitir que se equilibre las tensiones en todos los vanos.

Concluida esta operación, se procederá a la colocación del conductor en los aisladores, fijandolos con el alambre de amarre preformado; con los grupos de ángulo o anclaje respectivo.

Prueba de la Líneas

Al concluir el trabajo de construcción, se deberá realizar pruebas de conductibilidad electr. de la línea y determinación de la secuencia de fases, por métodos aprobados por el Ingeniero Supervisor. Se ejecutarán las correcciones y reparaciones que sean necesarias hasta que los resultados de las pruebas sean satisfactorias,

Realizada las pruebas, se aplicará tensión a la línea empezando con la más baja que las instalaciones existentes lo permitan, incrementandola hasta alcanzar la máxima disponible. Se medirá continuamente la tensión, la corriente en las 3 fases y las pérdidas.

Con la línea energizada, se recorrerá la ruta con un detector portátil de radio interferencia para determinar defectos localizados, en el conductor, los aisladores o la ferretería.

Accesorios

Las espigas de los aisladores tipo Pin, serán rectas de fierro galvanizado de 3/4" Ø y 14" para alineamiento.

Los accesorios para los aisladores de suspensión serán similares a los especificados para los aisladores tipo Pin.

5.7 Equipos de Alumbrado Exterior

5.7.1 Artefactos de Iluminación

Serán de tipo de pantalla plana, diseñados para albergar lámparas de luz mixta de 250 vatios

La armadura será fundición de aluminio al silicio para intemperie, provistos de elementos de sujeción al pastoral.

- Las lámparas serán de vapor de mercurio de alta presión de 250 Watts, 13,500 lumén.

5.7.2 Balastos

Serán de 250 Vatios constituido por la reactancia y condensador de manera que el conjunto tenga un factor de potencia no menor de 0.9, las reactancias serán del tipo núcleo y bobina.

5.7.3 Conductores

Los conductores serán de cobre electrolítico blando, tipo NYY cableado concéntrico, aislamiento de cloruro de polivinilo (PVC) y protección exterior con una chaqueta individual de PVC color : blanco, negro y rojo.

5.7.4 Postes

Serán de concreto armado de las siguientes características:

| | | |
|----------------------|---|--------|
| Longitud | : | 7. m |
| Esfuerzo en la punta | : | 70 Kg |
| Diámetro en la punta | : | 90 mm |
| Diámetro en la base. | : | 195 mm |
| Paro total | : | 242 Kg |

CAPITULO VI

METRADO Y PRESUPUESTO

6.1 INTRODUCCION

El presente capítulo contiene el análisis presupuestal de las obras para equipar la Planta de agua Potable y la Cámara de desagües de la ciudad de Sullana.

Los costos considerados corresponden a valores resultantes del estudio de costos unitarios de las obras a efectuarse habiéndose usado los precios de materiales y equipos vigentes al mes de Agosto de 1986 los rendimientos considerandos en mano de obra y maquinarias así como los costos de alquiler de éstas últimas han sido tomados del anuario de la Cámara Peruana de la construcción y de su respectivo informativo mensual entre Enero y Junio de 1986.

En casos de instalación de equipos no contemplados en esas publicaciones se han tomado valores estimados en base a experiencias en obras anteriormente ejecutadas en el Servicio Nacional de Abastecimiento de Agua Potable y Alcantarillado.

F I E E

ELECTRICIDAD

OBRA Equipamiento de la Planta de Tratamiento de agua potable y cámara de bombeo de desagües de la ciudad de Sullana

HOJA N° 1 DE 1/19
 FECHA PRESUPUESTO Octubre 1986 HECHO J.G.B.S REVISADO CAHM

| PARTIDA N° | DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | | COSTO TOTAL | |
|---------------|---|--------|----------|----------------|------------|--------------|------------|
| | | | | MANO DE OBRA | MATERIALES | MANO DE OBRA | MATERIALES |
| | <u>INSTALACIONES ELECTRICAS</u> | | | | | | |
| | Comprende el suministro a pie de obra, montaje, instalación y pruebas de mantenimiento de los equipos y materiales para el equipamiento eléctrico. | | | | | | |
| | <u>SUB- ESTACION DE TRANSFORMACION</u> | | | | | | |
| 1.01 | Suministro é instalación de un tranformador en baño de aceite con enfriamiento. Clase A, 60Hz, normas IEC 76, ITINTEC 370.002 de 1000 KVA | u | 1 | 1,162.30 | 192,820.00 | 1,162.30 | 192,820.00 |
| 1.02 | Suministro é instalación de un tranformador en baño de aceite con enfriamiento natural aislamiento clase A, 60 Hz, norma IEC 76 ITINTEC 370.002 50 KVA- 440 v/220 V incluye celda de 1200x1000x1,800 m.m. | u | 1 | 302,07 | 29830,00 | 302,07 | 29830,00 |
| 1.03 | Suministro é instalación de una celda de llegada y de transformación de dimensiones aproximadas | | | | | | |
| | <u>CELDA DE LLEGADA</u> <u>CELDA DE TRANSFORMACION</u> | | | | | | |
| | Ancho: 1280 mm Ancho: 2,500 mm | | | | | | |
| | Profundidad: 1800 mm Profundidad: 1800 mm | | | | | | |
| | Altura: 314° mm Altura: 314 mm | | | | | | |
| | (ver especificaciones Técnicas) | u | 1 | 244,76 | 400.00 | 244,76 | 400.00 |

FIEE

ELECTRICIDAD

OBRA Equipamiento de la planta de tratamiento de HOJA N° 2 DE 2/19
 agua potable y cámara de bombeo de desagues de
 la ciudad de Sullana

FECHA PRESUPUESTO Octubre 1986 HECHO J.G.B.S REVISADO CAHM

| PARTIDA N° | DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | | COSTO TOTAL | |
|---------------|---|--------|----------|----------------|------------|--------------|------------|
| | | | | MANO DE OBRA | MATERIALES | MANO DE OBRA | MATERIALES |
| 1.04 | Suministro é instalación de un tablero de conmutación del tipo autosoportado contruido de perfiles y platinas de fierro angular de 1 1/2 " x 1 1/2" x 1/4 " forrado con planchas del mismo material de 1/8 " de espesor, con pintura amarillada y dos manos de pintura anticorrosiva y dos de esmalte color plamo amartillado las dimensiones aproximadas 1200 mm x 600 mm x 2550mm. estará equipado con: - Dos interruptores termomagnéticos de 1200 Amperios, IRRUP- SIM= 19 KA reles de mínima tensión, --Barras tipo BUS- BARS de sección rectangular etc. | u | 1 | 244,76 | 117800,00 | 244,76 | 117800, 00 |
| 1.05 | Suministro é instalación de un tablero de distribución en 440 V, será construido de perfiles y platinas de fierro angular forrado con planchas de acero LAF de 1/8 de espesor con pintura amartillada y dos manos de pintura anticorrosiva y dos de esmalte color plomo amartillado, las dimensiones aproximadas serán 1200 mm x 600 mm x 2550 mm estará equipado con: | | | | | | |

F I E E

ELECTRICIDAD

OBRA Equipamiento de la planta de tratamiento de agua potable y cámara de bombeo de desagues de la ciudad de Sullana HOJA N° 3 DE 3/19

FECHA PRESUPUESTO Octubre 1986 HECHO J.G.B.S REVISADO CAHM

| PARTIDA N° | DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | | COSTO TOTAL | |
|---------------|---|--------|----------|----------------|------------|--------------|------------|
| | | | | MANO DE OBRA | MATERIALES | MANO DE OBRA | MATERIALES |
| | <ul style="list-style-type: none">- Un interruptor termomagnético de 800 AMPERIOS- Un interruptor termomagnético de 400 AMPERIOS- Tres interruptores de 60 AMPERIOS- Un interruptor de 100 AMPERIOS. <p>Además incluirá luces de señales, Barras de cobre electrolítico, e instrumentos de medición tales como :</p> <ul style="list-style-type: none">- Dos (2) Transformadores de corriente, clase I, 200 A/5A, 600 Voltios, 50 V A- Dos (2) Transformadores de tensión clase I, 440/220 V, 50 V A- Un comutador amperimétrico tipo PANEL, 0-RS-ST-TR, 600 V- Un (1) Amperímetro tipo panel de 96 x 96 mm, instalación vertical de 0-200 A, con factor multiplicativo de 200/5,- Un (1) Voltímetro trifásico, de 0-600 V será tipo panel de 96 x 96 mm.- Un (1) Kilovatímetro tipo panel de 96 x 96 mm trifásico. | | | | | | |

FIEE

ELECTRICIDAD

OBRA Equipamiento de la planta de tratamiento de agua potable y cámara de bombeo de desagues de la ciudad de Sullana HOJA N° 4 DE 4/19

FECHA PRESUPUESTO Octubre 1986 HECHO J.G.B.S REVISADO CAH

| PARTIDA N° | DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | | COSTO TOTAL | |
|------------|--|--------|----------|----------------|------------|--------------|------------|
| | | | | MANO DE OBRA | MATERIALES | MANO DE OBRA | MATERIALES |
| 1.06 | - Un (1) Kilovatímetro hora similar al anterior Suministro é instalación de un tablero general de distribución en 220 VOLTIOS, será constituido de platinas de fierro anular similar al anterior hecho de perfiles de acero tipo L de 1 1/2" x 1 1/2" x 1 1/4" y forrado con planchas de aceró de espesor 1/8 " equipado con: - Amperímetro tipo panel de 96 mm x 96 mm, 0- 100 A, factor multiplicado 100/5 - Un conmutador amperimétrico en 220 V, 0-R-S-T, tipo panel - Un transformador de corriente 100/5, 220 V - Un KILOVATIMETRO hora - Un VOLTIMETRO de 0-230 V tipo panel de 96mm x 96 mm - Las dimensiones aproximadas serán 2000 mm x 1000 mm x 2200 mm | u | 1 | 244,76 | 51863,00 | 244,76 | 51863,00 |
| 1.07 | Suministro é instalación de una celda de tranfor mación donde irá instalado el transformador de 50 KVA /440 V/ 220 incluye accesorios, (ver especificaciones técnicas) | u | 1 | 122.38 | 24808.00 | 122.38 | 24808.00 |
| | | u | 1 | 122.38 | 5040.00 | 122.38 | 5040.00 |

F I E E

ELECTRICIDAD

OBRA Equipamiento de la planta de tratamiento de agua potable y cámara de bombeo de desagües de la ciudad de Sullan HOJA N° 5 DE 5/19

FECHA PRESUPUESTO Octubre 1986 HECHO J.G.B.S REVISADO CAHM

| PARTIDA N° | DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | | COSTO TOTAL | |
|------------|---|--------|----------|----------------|------------|--------------|------------|
| | | | | MANO DE OBRA | MATERIALES | MANO DE OBRA | MATERIALES |
| 1.08 | Suministro é instalación de materiales para puesta a tierra compuesta de electrodo de cobre de \varnothing 3/4" x 2.40 metros, conector para electrodo y conductor de 8 mm ² de cobre desnudo, caja prefabricada de concreto, sal, carbón etc. | u | 10 | ----- | 1072.14 | ----- | 10721.4 |
| 1.09 | Excavación de zanja de \varnothing 0.80 x 2.40 metros de profundidad | u | 10 | 94.42 | 2.83 | 944.2 | 28.3 |
| 1.10 | Montaje é instalación de electroducto, caja y conductor. | u | 10 | 99.47 | 40.00 | 994.7 | 400.0 |
| 1.11 | Relleno y compactación de zanja de \varnothing 0.80 x 2.90 metros de profundidad | u | 10 | 42.02 | 1.26 | 420.2 | 12.6 |
| | TOTAL CAPITULO (1) | | | | | 2679.32 | 423,677.23 |
| | <u>ALUMBRADO EXTERIOR</u> | | | | | | |
| 2.01 | Suministro de: | | | | | | |
| | a) Poste de C.a.C. de 9 m/200/120/225 | u | 21 | ----- | 1591,40 | ----- | 33419.40 |
| | b) Pastoral tipo suere C para el poste anteriormente descrito | u | 21 | ----- | 253.53 | ----- | 5324.13 |
| | c) Cortacircuito fusible de 15 A para instalar en poste de alumbrado con su fusible | u | 21 | 7.25 | 44.37 | 152.25 | 931.77 |
| 2.02 | Montaje de poste de C.a.C de 9/200/ 120/225 | | | | | | |

F I E E**ELECTRICIDAD**

OBRA Equipamiento de la planta de tratamiento de agua potable y cámara de bombeo de desagues de la ciudad de Sullana HOJA N°.6 DE 6/19

FECHA PRESUPUESTO Octubre 1986 HECHO J.G.B.S REVISADO CAHM

| PARTIDA N° | DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | | COSTO TOTAL | |
|---------------|--|--------|----------|----------------|------------|--------------|------------|
| | | | | MANO DE OBRA | MATERIALES | MANO DE OBRA | MATERIALES |
| | a) Excavación de zanja de 0.80 x 0.080 x 1.20 | u | 21 | 18.88 | 0.57 | 396.48 | 11.97 |
| | b) Izado y cimentación de poste de 9/200/120/225 | u | 21 | 157.74 | 321.12 | 3312.54 | 6.743 .52 |
| 2.03 | Colocación y sellado de pastora1 | u | 21 | 145.29 | 7.26 | 3.051.09 | 152. 46 |
| 2.04 | Suministro y colocación de ladrillos | u | 2700 | 0.99 | 1.03 | 2673.00 | 2781. 00 |
| 2.05 | Suministro y colocación de cinta de señalización de color amarillo en baja tensión | m1 | 675 | 0.99 | 0.60 | 668.25 | 405. 00 |
| 2.06 | Suministro de conductores | | | | | | |
| | a) 2 x 2.5 mm ² extraflexible | m1 | 200 | ----- | 17.93 | ----- | 3586. 00 |
| | b) 3 - 1 x 25 mm ² NYN | m1 | 175 | ----- | 136.69 | ----- | 23920. 75 |
| | c) 3 - 1 x 10 mm ² NYN | m1 | 500 | ----- | 24.45 | ----- | 12225. 00 |
| 2.07 | Tendido y empalme de conductor extraflexible de 2x2.5 mm ² | m1 | 200 | 6.46 | 2.60 | 1292.00 | 520. 00 |
| 2.08 | Tendido y empalme de conductor 3 - 1 x 25 mm ² y 3 - 1 x 10 mm ² NYN | | | | | | |
| | a) Excavación de zanja de 0.50 x 0.65 m. | m1 | 675 | 16.45 | 0.40 | 11103.75 | 270 |
| | b) Tendido y empalme de conductor 3 - 1 x 25 mm ² - 3 - 1 x 10 mm ² | m1 | 675 | 15.92 | 2,60 | 10746.00 | 1755 |
| | c) Relleno y compactación de zanja de 0.50 x 0.65 m de profundidad | m1 | 675 | 11.81 | 0.35 | 7971.75 | 236.25 |

F I E E**ELECTRICIDAD**

OBRA Equipamiento de la planta de tratamiento de agua potable y cámara de bombeo de desagües de la ciudad de Sullana HOJA N° 7 DE 7/19

FECHA PRESUPUESTO Octubre 1986 HECHO J.G.B.S REVISADO CAHM

| PARTIDA N° | DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | | COSTO TOTAL | |
|-----------------------|--|--------|----------|----------------|-------------|----------------------|-------------------------|
| | | | | MANO DE OBRA | MATERIALES | MANO DE OBRA | MATERIALES |
| 2.09 | Suministración é instalación de luminaria BIH-83 de Josfel o similar completa, con lámpara de vapor de mercurio de 125 WATTS /220 V/60 Hz, incluye Base E-40 reactor, condensador, ET TOTAL CAPITULO (2) | u | 21 | 145.29 | 1340.00 | 3051.09 44.418.20 | 28.140.00 120.422.25 |
| <u>CASA DE FUERZA</u> | | | | | | | |
| 3.01 | Suministro é instalación de un grupo electrogeno de 675 KW, 1800 RPH/ 60 Hz / 440 V, incluye motor Diesel y Generador ó alternador acoplado al motor con tablero incorporado el que deberá estar equipado con los aparatos de medición completos, incluye accesorios, conductores, empalmes base soprte etc. | u | 1 | 1154.30 | 2312700 .00 | 1154.30 | 2312700 .00 |
| 3.02 | Suministro é instalación de un tanque diario de combustible para 100 GLN construido de planchas de acero 1/8" de espesor el cual tendrá una salida para alimentación al motor de 1" con su válvula de compuerta, tuberías de retorno de Ø 1/2", tubo de ventilación de Ø 3/4" y tubo de conexión para el llenado de combustible por medio de una bomba de mano de 1 1/2" | | | | | | |

F I E E

ELECTRICIDAD

OBRA Equipamiento de la planta de tratamiento de agua potable y cámara de bombeo de deságués de la ciudad de Sullana HOJA N°...8... DE..... 8/19

FECHA PRESUPUESTO..... Octubre 1986..... HECHO J.G .BS REVISADO CAHM

| PARTIDA N° | DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | | COSTO TOTAL | |
|---------------|---|--------|----------|----------------|------------|--------------|---------------|
| | | | | MANO DE OBRA | MATERIALES | MANO DE OBRA | MATERIALES |
| | con su respectiva válvula de compuerta que viene desde el tanque de almacenamiento de combustible, también estará previsto de un medidor de nivel de vidrio, la estructura soporte estará compuesta de CANAL de 2" x 1" x 1" x 1/8" ANGULOS 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8 " PLATINAS 1/8" x 2" | | | | | | |
| 3.03 | Anclajes y pernos de acuerdo a planos Suministro é instalación de un tanque de almacenamiento para 1000 Galones de capacidad de dimensiones 1.5 m Ø x 2.2 m con MANHOLE superior de 0.60 x 0.60 en plancha de 1/8", ángulos de refuerzo de la tapa superior de 1 1/2" x 1 1/2" x 1/8" ángulos de refuerzo de la tapa inferior de 3 1/2" x 3 1/2" x 1/8" incluye nipples accesorios completos | u | 1 | 397.87 | 5232.00 | 397.87 | 5232.00 |
| 3.04 | Suministro é instalación de cable eléctrico NYN de 3 x 1 x 300 mm ² para alimentar al tablero de conmutación, además conexión entre grupo electrogeno y el tablero de control | u | 1 | 695.57 | 26044.45 | 695.57 | 26044.45 |
| | TOTAL CAPITULO (3) | m1 | 50 | 577.15 | 720.60 | 28857.50 | 360.30 |
| | | | | | | 31 105.24 | 2' 380,006.45 |

F I E E**ELECTRICIDAD**

OBRA Equipamiento de la planta de tratamiento de agua potable y cámara de bombeo de desagues de la ciudad de Sullana HOJA N° 9 DE 9/19

FECHA PRESUPUESTO Octubre 1986 HECHO J.G.B.S REVISADO CAHM

| PARTIDA N° | DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | | COSTO TOTAL | |
|---------------|---|--------|----------|----------------|------------|--------------|------------|
| | | | | MANO DE OBRA | MATERIALES | MANO DE OBRA | MATERIALES |
| | <u>LINEA DE TRANSMISION</u> | | | | | | |
| 4.01 | Suministro é instalación de conductor de cobre desnudo N°4 AWG | m | 12600 | 2.64 | 13.41 | 33264.00 | 168,966.00 |
| 4.02 | Suministro de: | | | | | | |
| | a) Poste de C.a.C de 11/200/120/285 | u | 49 | ----- | 2139.00 | ----- | 104,811.00 |
| | b) Cruceta simetrica de concreto de 1.30 m para el poste antes indicado | u | 55 | ----- | 291.00 | ----- | 16,005.00 |
| 4.03 | Montaje de poste de C.a. C de 11/200/120/285 | | | | | | |
| | a) Excavación de zanja de 0.80 x 0.80 x 1.20 mts. | u | 49 | 18.88 | 0.57 | 925.12 | 27.93 |
| | b) Izado y cementación de poste | u | 49 | 157.74 | 321.12 | 7729.26 | 15,734.88 |
| 4.04 | Suministro é instalación de aislador de porcelana vidriada tipo pin clase 55.5 de diametro 7", espaciamento 5", longitud de fuga 12", esfuerzo de flexión 3000 Lbs, tensión mínima de descarga en seco 85 KV, bajo lluvia 45 KV, tensión de perforación 115 KV (ver especificaciones técnicas, incluye espiga de fierro en caliente Ø 3/4"x 12 1/2" con cabeza de plomo roscado de Ø 1" | | | | | | |

F I E E**ELECTRICIDAD**

OBRA Equipamiento de la planta de tratamiento de agua potable y cámara de bombeo de deságües de la ciudad de Sullana HOJA N° 10 DE 10/19

FECHA PRESUPUESTO Octubre 1986 HECHO J.G.B.S REVISADO CAHM

| PARTIDA N° | DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | | COSTO TOTAL | |
|---------------|---|--------|----------|----------------|------------|--------------|------------|
| | | | | MANO DE OBRA | MATERIALES | MANO DE OBRA | MATERIALES |
| 4.05 | arandelas, tuercas, y contratuercas etc Cadena de aisladores tipo suspensión compuesta de aislador tipo campana de Ø 10" clase 52.3 tipo B Norma ansi C-29.2-1962 (Una unidad) (Ver especificación tecnicas) incluye grillete tipo ancla con pin Ø 5/8" x 2 1/4", pasadores de 1" de longitud, adaptadores ojo-bola, mordazas de anclaje perno de ojo Ø 3/4" x 10" con su respectiva tuerca, arandela contra tuercas etc. | u | 130 | 33.42 | 190.52 | 4344.60 | 24767.60 |
| 4.06 | Grapa de anclaje de cobre de doble ranura para conductor de 21.15 mm ² | u | 50 | 65.90 | 560.85 | 3295.00 | 28042.50 |
| 4.07 | Suministro é instalación de conductor N°6 AWG temple blando (7 hilos) | m | 600 | 2.64 | 6.35 | 1584.00 | 3810.00 |
| 4.08 | Suministro é instalación de conductor N°8 AWE para amarre. | m | 65 | 2.64 | 5.90 | 171.60 | 383.50 |
| 4.09 | Suministro é instalación de un vienzó simple. Completo para alta tensión compuesto de | | | | | | |

F I E E

ELECTRICIDAD

OBRA Equipamiento de la planta de tratamiento de agua potable y cámara de bombeo de desagües de la ciudad de Sullana HOJA N° 11 DE 11/19

FECHA PRESUPUESTO Octubre 1986 HECHO J.G.B.S REVISADO CAHM

| PARTIDA N° | DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | | COSTO TOTAL | |
|------------|---|--------|----------|----------------|------------|--------------|------------|
| | | | | MANO DE OBRA | MATERIALES | MANO DE OBRA | MATERIALES |
| | - 15 metros de cable de acero Ø 3/8" | | | | | | |
| | - Una varilla de anclaje de Ø 3/4" x 2.50 metros | | | | | | |
| | - Agrazadera para poste de 11 metros | | | | | | |
| | - Cuatro guardacabos | | | | | | |
| | - Cuatro Mordazas | | | | | | |
| | - Un block de concreto armado | | | | | | |
| | - Un templador Ø 3/4" | | | | | | |
| | - Una canaleta protectora etc. | u | 10 | ----- | 1580.00 | ----- | 15800 |
| 4.10 | Montaje de retenida o viento de anclaje | | | | | | |
| | a) Excavación de zanja de 0.80 x 0.80 x 2.90 mts. | u | 10 | 94.42 | 2.83 | 944.20 | 28.30 |
| | b) Montaje é instalación de retenida o viento de anclaje con todos sus accesorios | u | 10 | 99.47 | 0.60 | 994.70 | 6.00 |
| | c) Relleno y compactación de zanja de 0.80 x 0.80 x 2.90 metros | u | 10 | 42.02 | 1.26 | 420.20 | 12.60 |
| 4.11 | Suministro de palomilla de C.a.C para soporte de tres seccionadores Cut-Øut | u | 2 | ----- | 304.20 | ----- | 608.40 |
| 4.12 | Instalación de palomilla de C.a. c | u | 2 | 145.29 | 7.26 | 290,58 | 14.52 |
| 4.13 | Seccionadores fusibles Cut-Out unipolares de 15 KV-100 amperias accionamiento con pértiga incluye elementos de fijación | u | 6 | 49.73 | 1557.00 | 298.38 | 9342.00 |

F I E E**ELECTRICIDAD**

OBRA Equipamiento de la planta de tratamiento de agua potable y cámara de bombeo de desagües de la ciudad de Sullana HOJA N° 12 DE 12/19

FECHA PRESUPUESTO Octubre 1986 HECHO J.G.B.S REVISADO CAHM

| PARTIDA N° | DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | | COSTO TOTAL | |
|------------|---|--------|----------|----------------|------------|--------------|------------|
| | | | | MANO DE OBRA | MATERIALES | MANO DE OBRA | MATERIALES |
| 4.14 | Suministro é instalación de barras de cobre electrolítico de 5/8" x 2.40 metros | u | 10 | 6.46 | 413.60 | 64.60 | 4136.00 |
| 4.15 | Suministro é instalación de una botella para instalación exterior de 3 x 35 mm ² NKY a la intempiere incluye elementos de fijación. | u | 2 | 49.73 | 670.00 | 99.46 | 1340.00 |
| 4.16 | Suministro é instalación de tubería de Fo galvaizado de 2 1/2" x 10' con unión en un xtremo, incluye abrazaderas y accesorios | u | 1 | 11.81 | 953.35 | 11.81 | 953.35 |
| 4.17 | Suministro é instalación de cable NKY de 3 x 35 mm ² | m | 50 | 30.95 | 355.44 | 1547.50 | 77.375 |
| 4.18 | Colocación y sellado de cruceta para poste de 11/200/120/285 | u | 55 | 145.29 | 7.26 | 7990.95 | 399.30 |
| | TOTAL CAPITULO (4) | | | | | 64598.46 | 479 435.31 |
| | <u>SALA DE BOMBAS DE AGUA</u> | | | | | | |
| 5.01 | Bomba centrífuga horizontal de eje libre para un caudal de 170 Litros/seg y ADT= 52.84 m incluye acoplamiento entre motor y bomba. | u | 5 | 1162.30 | 20970.00 | 5811.50 | 104850.00 |
| 5.02 | Suministro é instalación de motor eléctrico horizontal aislamiento clase F de eje horizontal, para una potencia aproximada de 150 HP/440 V/ 1,800 RPH / 60 Hz | u | 5 | 1162.30 | 80382.50 | 5811.50 | 401912.50 |

FIEE**ELECTRICIDAD**

OBRA Equipamiento de la planta de tratamiento de agua potable y cámara de bombeo de desagües de la ciudad de Sullana HOJA N° 13 DE 13/19

FECHA PRESUPUESTO Octubre 1986 HECHO J.G.B.S REVISADO CAHM

| PARTIDA N° | DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | | COSTO TOTAL | |
|---------------|--|--------|----------|----------------|------------|--------------|------------|
| | | | | MANO DE OBRA | MATERIALES | MANO DE OBRA | MATERIALES |
| 5.03 | Suministro é instalación de una válvula de pie de fierro fundido clase 200, incluye pernos, tuercas, arandelas y empaquetaduras de Ø 12" | u | 5 | 186.75 | 4438.15 | 933.75 | 22190.75 |
| 5.04 | Suministro é instalación de una válvula CHECK tipo diafragma cierre lento clase 200 de Ø 12" incluye pernos, tuercas, arandelas y empaquetaduras | u | 5 | 186.75 | 4238.15 | 933.75 | 21190.75 |
| 5.05 | Suministro é instalación de codo de fofo Bridado clase 200 de Ø 12" incluye pernos, tuercas, arandelas y empaquetaduras. | u | 5 | 145,29 | 1904,00 | 726.45 | 9520.00 |
| 5.06 | Suministro é instalación de una válvula de cierre tipo compuerta de foto clase 200 de Ø 12" incluye pernos, tuercas, arandelas, y empaquetaduras | u | 5 | 145.29 | 4238.15 | 726.45 | 21190.75 |
| 5.07 | Suministro é instalación de una válvula de aire de Ø 1" incluye válvula tipo globo roscada de Ø 1" | u | 5 | 49.73 | 870.00 | 248.65 | 4350.00 |
| 5.08 | Suministro de una tee de Foto Bridada clase 200 de a) 24" x 24" b) 24" x 12" Incluye pernos, tuercas, arandelas y empaquetaduras | u | 1 | 290.58 | 4070.90 | 290.58 | 4070.90 |
| | | u | 5 | 145.29 | 3676.00 | 726.45 | 18380.00 |
| 5.09 | Suministro é instalación de canastilla de succión de fierro fundido Bridada incluye pernos, tuercas, | | | | | | |

F I E E**ELECTRICIDAD**

OBRA Equipamiento de la planta de tratamiento de agua potable y cámara de bombeo de desagües de la ciudad de Sullana HOJA N° 14 DE 14/19

FECHA PRESUPUESTO Octubre 1986 HECHO J.G.B.S REVISADO CAHM

| PARTIDA N° | DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | | COSTO TOTAL | |
|---------------|---|----------------|----------|----------------|------------|--------------|------------|
| | | | | MANO DE OBRA | MATERIALES | MANO DE OBRA | MATERIALES |
| 5.10 | arandelas y empaquetaduras de \varnothing 12" Suministro é instalación de una unión flexible tipo Dreseen para tubería de fofo clase 200 de: | u | 5 | 186.75 | 2110.80 | 933.75 | 10554.00 |
| | a) \varnothing 12" | u | 5 | 186.75 | 1920.00 | 933.75 | 9600.00 |
| | b) \varnothing 24" | u | 2 | 290.58 | 2980.00 | 581.16 | 5960.00 |
| 5.11 | Suministro é instalación de tuberías de fofo clase 200 de: | | | | | | |
| | a) \varnothing 24" | m ^l | 10 | 145.29 | 7288.00 | 1452.90 | 72880.00 |
| | b) 16" | m ^l | 5 | 108,98 | 4850.00 | 544.50 | 24250.00 |
| | c) 12" | m ^l | 40 | 72,64 | 3644,00 | 2905.60 | 145760.00 |
| 5.12 | Suministro é instalación de una transición de fofo del tipo BRIDACAMPANA clase 200 de: | | | | | | |
| | \varnothing 24" | u | 1 | 290.58 | 3113.00 | 290.58 | 3113.00 |
| 5.13 | Suministro é instalación de un medidor de caudal del tipo MW- 500 de MC crometer o similar en carrete bridado de acero clase SCHEDULE 40 con indicador en LPS y totalizador en m ³ de | | | | | | |
| | \varnothing 24" | u | 1 | 290,58 | 22974,00 | 290.58 | 22974.00 |
| 5.14 | Suministro é instalación de plancha estriada de acero de 1/8" de espesor reforzada con ángulos según plano | m ² | 24 | 145,29 | 840,00 | 3486,96 | 20160,00 |

FIEE**ELECTRICIDAD**

OBRA Equipamiento de la planta de tratamiento de agua potable y cámara de bombeo de deságues de la ciudad de Sullana HOJA N° 15 DE 15/19

FECHA PRESUPUESTO Octubre 1986 HECHO J.G.B.S REVISADO CAHM

| PARTIDA N° | DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | | COSTO TOTAL | |
|---------------------------|---|--------|----------|----------------|------------|--------------|--------------|
| | | | | MANO DE OBRA | MATERIALES | MANO DE OBRA | MATERIALES |
| 5.15 | Suministro é instalación de cable alimentador de cada motor al tablero de 3 x 1 x 35 mm ² NYY | mI | 20 | 15.33 | 214.12 | 306.60 | 4282.40 |
| 5.16 | Suministro é instalación de cable alimentador de la sala de bombas con conductor. 3 x 1 x 185 mm ² NYY | mI | 170 | 29.36 | 361.82 | 4991.20 | 61509.40 |
| 5.17 | Suministro é instalación de una válvula de alivio de presión para deságues bridados clase 200 de Ø 6" | u | 1 | 93.37 | 28020.00 | 93.37 | 28020.00 |
| 5.18 | Suministro é instalación de una reducción de fofo clase 200 de Ø 6" x 24" bridada incluye pernos, tuercas, arandelas y empaquetaduras | u | 2 | 145.29 | 1537.50 | 290.58 | 3075.00 |
| TOTAL CAPITULO (5) | | | | | | 33,310.61 | 1'019,793.45 |
| <u>BOMBEO DE DESAGUES</u> | | | | | | | |
| 6.01 | Suministro é instalación de una bomba centrífuga horizontal para deságues que trabajará en cámara seca para un caudal de 136 Litros/seg y altura dinámica total de 55 metros a 1800 RPM | u | 4 | 1162.30 | 20970.00 | 4649.2 | 83880 |
| 6.02 | Suministro é instalación de un motor eléctrico de eje vertical. de 90 HP/ 1800 RPM/440 V/ 60 Hz aislamiento clase F incluye accesorios | u | 4 | 581.15 | 69460.00 | 2324.6 | 277800 |

F.I.E.E.

ELECTRICIDAD

OBRA Equipamiento de la planta de tratamiento de agua potable y cámara de bombeo de deságues de la ciudad de Sullana. HOJA N° 16 DE 16/19

FECHA PRESUPUESTO Octubre 1986 HECHO J.G.B.S REVISADO CAHM

| PARTIDA N° | DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | | COSTO TOTAL | |
|------------|---|----------------|----------|----------------|------------|--------------|------------|
| | | | | MANO DE OBRA | MATERIALES | MANO DE OBRA | MATERIALES |
| 6.03 | Campana de succión de fofo bridado Ø 16"x 24" incluye pernos, tuercas, arandelas y empaquetaduras | u | 4 | 290,58 | 1699,20 | 1162,32 | 4649,28 |
| 6.04 | Suministro é instalación de codos de fierros fundido bridados clase 200 | | | | | | |
| | a) 18" x 45°(Radio larga sin apoyo) | u | 4 | 290,58 | 2793,80 | 1162,32 | 11175,20 |
| | b) 18" x 90°(Radio corto sin apoyo) | u | 4 | 290,58 | 2793,80 | 1162,32 | 11175,20 |
| | c) 18" x 90°(Radio corto con apoyo) | u | 4 | 290,58 | 2938,10 | 1162,32 | 11752,20 |
| | d) 16" x 90°(Radio largo sin apoyo) | u | 4 | 290,58 | 3149,70 | 1162,32 | 12598,80 |
| | e) 6" x 90°(Radio corto sin apoyo) | u | 4 | 72,64 | 530,60 | 290,56 | 2122,40 |
| | f) 24" x 45°(Radio corto sin apoyo) | u | 1 | 290,58 | 5059,20 | 290,56 | 5059,20 |
| 6.05 | Reducción de fierro fundido bridado clase 200 incluye pernos, tuercas, arandelas y empaquetaduras | | | | | | |
| | a) 24" x 18" | u | 3 | 290,58 | 2080,60 | 871,74 | 6241,80 |
| | b) 20" x 6" | u | 1 | 145,29 | 1710,80 | 145,29 | 1710,80 |
| | c) 18" x 8" | u | 4 | 145,29 | 1730,50 | 581,16 | 6922,80 |
| | d) 18" x 6" | u | 1 | 145,29 | 1610,80 | 145,29 | 1610,80 |
| | e) 16" x 10" | u | 4 | 145,29 | 1610,80 | 581,16 | 6443,20 |
| 6.06 | Suministro de tuberías de fierro fundido conformado por niples bridados clase 200 incluye bridas | | | | | | |
| | a) Ø 16" | m ^l | 28 | 108,98 | 4850,00 | 3051,44 | 135800,00 |
| | b) Ø 18" | m ^l | 43 | 108,98 | 5389,50 | 4686,14 | 231748,50 |
| | c) Ø 6" | m ^l | 0,8 | 72,64 | 2109,70 | 58,11 | 1687,76 |

F I E E**ELECTRICIDAD**

OBRA Equipamiento de la planta de tratamiento de agua potable y cámara de bombeo de desagües de la ciudad de Sullana HOJA N° 17 DE 17/19

FECHA PRESUPUESTO Octubre 1986 HECHO J.G.B.S REVISADO CAHM

| PARTIDA N° | DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | | COSTO TOTAL | |
|---------------|---|--------|----------|----------------|------------|--------------|------------|
| | | | | MANO DE OBRA | MATERIALES | MANO DE OBRA | MATERIALES |
| 6.07 | Suministro é instalación de junta o unión flexible tipo DRESEER de fofo clase 200 | | | | | | |
| | a) Ø 6" | U | 1 | 72.64 | 147.20 | 72.64 | 147.20 |
| | b) Ø 18" | u | 4 | 290.58 | 760.60 | 1162.32 | 3042.40 |
| 6.08 | Suministro é instalación de una válvula de retención tipo check bridado para desagüe clase 200 de Ø 18" | u | 1 | 290.58 | 4660.00 | 290.58 | 4660.00 |
| 6.09 | Suministro é instalación de una válvula compuesta bridada clase 200 de | | | | | | |
| | a) Ø 6" | u | 1 | 72.64 | 1961.90 | 72.64 | 1961.90 |
| | b) Ø 16" | u | 4 | 290.58 | 6883.98 | 1162.32 | 27535.92 |
| | c) Ø 18" | u | 4 | 290.58 | 7716.50 | 1162.32 | 30866.00 |
| 6.10 | Suministro é instalación de Yee de fierro fundido bridado clase 200 incluyendo pernos, tuercas, arandelas y empaquetaduras de | | | | | | |
| | a) 24" x 24" | u | 2 | 290.58 | 4054.90 | 581.16 | 8109.80 |
| | b) 24" x 18" | u | 2 | 290.58 | 3358.40 | 581.16 | 6716.80 |
| 6.11 | Suministro é instalación de una válvula de alivio de Ø 6" bridada incluye pernos, tuercas, arandelas y empaquetaduras | u | 1 | 72.64 | 28020.00 | 72.64 | 28020.00 |
| 6.12 | Suministro é instalación de un extractor de aire equipado con un motor de 1 HP para 20 renovaciones | | | | | | |

FIEE

ELECTRICIDAD

OBRA Equipamiento de la planta de tratamiento de agua potable y cámara de bombeo de desagues de la ciudad de Sullana HOJA N° 18 DE 18/19

FECHA PRESUPUESTO Octubre 1986 HECHO J.G.B.S REVISADO CAHM

| PARTIDA N° | DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | | COSTO TOTAL | |
|------------|---|--------|----------|----------------|------------|--------------|--------------|
| | | | | MANO DE OBRA | MATERIALES | MANO DE OBRA | MATERIALES |
| | por día | u | 1 | 146,49 | 4916,00 | 146,49 | 4916.00 |
| 6.13 | Suministro é instalación de cable alimentador para cada motor de 3 x 1 x 10 mm ² NYY | m | 70 | 15,92 | 27,05 | 1114.40 | 1893.50 |
| 6.14 | Suministro é instalación de cable alimentador de la cámara de 3 x 1 x 120 mm ² NYY | m | 150 | 29,36 | 700,31 | 4404.00 | 105046.50 |
| 6.15 | Suministro é instalación de materiales para puerta a tierra compuesta de electrodo de cobre de Ø 3/4" x 2.40 metros, corrector para electrodo conductor N 1/0 AWG de cobre desnudo, caja prefabricada de concreto, sal, carbón etc. | u | 1 | ----- | 1219,47 | ----- | 1219.47 |
| 6.16 | Excavación de zanja de 0.80 x 2.90 metros de profundidad | u | 1 | 94,42 | 2,83 | 94,42 | 2,83 |
| 6.17 | Montaje é instalación de electrodo, caja y conductor | u | 1 | 99,47 | 40,00 | 99,47 | 40,00 |
| 6.18 | Relleno y compactación de zanja de Ø 0.80 x 2.90 metros de profundidad | u | 1 | 42,02 | 1,26 | 42,02 | 1.26 |
| | TOTAL CAPITULO (6) | | | | | 34,545.43 | 1'010,761.52 |

FIEE

ELECTRICIDAD

OBRA Equipamiento de la planta de tratamiento de HOJA N° 19 DE 19/19
 agua potable y cámara de bombeo de desagües
 de la ciudad de Sullana

FECHA PRESUPUESTO Octubre 1986 HECHO J.G.B.S REVISADO CAHM

| PARTIDA N° | DESCRIPCION | UNIDAD | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | | COSTO TOTAL | |
|---|-------------------------------------|--------|----------|----------------|------------|--------------|--------------|
| | | | | MANO DE OBRA | MATERIALES | MANO DE OBRA | MATERIALES |
| <u>RESUMEN DE PRESUPUESTO POR CAPITULOS</u> | | | | | | | |
| 1 | Subestación de transformación | | | | | 2,679.32 | 423,677.23 |
| 2 | Alumbrado público | | | | | 44,418.20 | 120,422.25 |
| 3 | Casa de fuerza | | | | | 31,105.24 | 2'380,006.45 |
| 4 | Línea de transmisión | | | | | 64,598.46 | 479,435.31 |
| 5 | Sala de bombas de la planta de agua | | | | | 33,310.61 | 1'019,713.45 |
| 6 | Cámara de bombas de desagües | | | | | 34,545.43 | 1'010,761.52 |
| | | | | | | 210,657.26 | 5'434,196.28 |
| | TOTAL | | | | | | 5'644,853.54 |
| | GG.-UTILIZADO(25%) | | | | | | 1'411,213.39 |
| | TOTAL GENERAL | | | | | | 7'056,066.93 |

6.3 Formula Polinómica de Reajuste de Precios

6.3.1 Incidencia de los Elementos

| DESCRIPCION | INDICE VINITARIO | MONUMIO | MONTO | VALOR UNITARIO |
|--------------------------------|---------------------|---------|--------------|-------------------|
| Mano de obra | 47 | MPCH | 210,657.26 | 0.030 |
| Equipo Nacional | 48 | EN | 1'037,656.45 | 0.154 |
| Equipo Inportado | 49 | EI | 2'312,700.00 | 0.330 |
| Válvula Importada | 30 | VFVIL | 79,134.75 | 0.011 |
| Herramientas | 37 | MPCH | 55,540.83 | 0.008 |
| Cemento | 22 | MPCH | 15,272.23 | 0.002 |
| Poste C.A.C. | 62 | MPCH | 161,111.18 | 0.023 |
| Ladrillo | 17 | MPCH | 2,700.00 | 0.0004 |
| Tableros Electricos | 12 | NTC | 195,621.07 | 0.027 |
| Conductor de cobre | 07 | NTC | 187,306.94 | 0.026 |
| Cable Electrico NKY | 19 | NTC | 77,375.00 | 0.011 |
| Cable Electrico NYN | 19 | NTC | 238,979.55 | 0.034 |
| Luminaria | 11 | VFVIL | 88,092.10 | 0.012 |
| Agregado | 04 | VFVIL | 4,729.40 | 0.0006 |
| Accesorio de fierro fundido | 71 | A | 728,078.28 | 0.103 |
| Válvula de fierro fundido | 78 | VFVIL | 131,354.07 | 0.018 |
| Tubería de acero | 65 | VFVIL | 68,543.05 | 0.010 |
| Gastos generales y utilidad | 39 | GGU | 1'411,213.39 | 0.200 |
| | | | 7'056,006.00 | 1.000 |

6.3.2 Formula Polinómica

| MONOMIO | REPRESENTACION | INCIDENCIA |
|--|----------------|------------|
| Equipo Nacional | EN | 0.154 |
| Equipo Importado | EI | 0.330 |
| Mano de obra, Poste cac cemento herramientas | MPCH | 0.063 |
| Conductor cobre. Cables NYY,NKY Tablero Electrico | NTC | 0.098 |
| Accesorios de fierro fundido | A | 0.103 |
| Válvula de FO.FDO Válvula importada, luminaria | VFVIL | 0.052 |
| Gastos generales y utilidad | GGU | 0.200 |

$$K = 0.154 \frac{EN_r}{EN_o} + 0.330 \frac{EI_r}{EI_o} + 0.063 \frac{MPCH_r}{MPCH_o} + 0.098 \frac{NTC_r}{NTC_o} +$$

$$0.103 \frac{Ar}{Ao} + 0.052 \frac{VFVIL_r}{VFVIL_o} + 0.200 \frac{GGU_r}{GGU_o}$$

OBSERVACIONES

Para actualizar los precios a la fecha de efectuada la valorización se usará la fórmula polinómica, en cada monomio se usaran las siguientes porcentajes para lo cual en cada uno de ellos se ha usado los 3 elementos más representativos de cada monomio.

- El monomio En está identificado con el 100 %

- El monomio Ei está identificado con el 100 %

- El monomio MPCH está compuesto por

| | | |
|--------------|------|------|
| Mano de obra | (47) | 49 % |
| Poste CAC | (62) | 38 % |
| Herramientas | (37) | 13 % |

- El monomio NTC está compuesto de

| | | |
|--------------------|------|------|
| Conductor NYN | (19) | 38 % |
| Tablero Electrico | (12) | 32 % |
| Conductor de cobre | (07) | 30 % |

- El monomio A (71) está identificado con el 100 %

- El monomio VVIL está compuesto de

| | | |
|---------------------------|------|------|
| Válvula de hierro fundido | (78) | 44 % |
| Válvula importada | (30) | 27 % |
| Luminaria | (11) | 29 % |

- El monomio G.G.U (39) está identificado con el 100 %

CONCLUSIONES

- El número óptimo de cables por fase depende de la corriente y de la distancia recorrida, no es posible generalizar, en conclusión, para cada potencia y cada distancia debe hacerse el análisis respectivo para determinar el número óptimo.
- Para calcular la demanda máxima de una estación de bombeo se tiene que comenzar diseñando el diámetro de la tubería, la misma que además de originar el mínimo de pérdidas su costo sea el óptimo, al igual que los conductores eléctricos cada caudal y cada longitud arrojarán una tubería óptima.
- Se ha usado un transformador Y/ Δ con el secundario conectado en triángulo debido a que la corriente es mucho más intensa que el lado en Y, con esto se logra que por cada arrollamiento del primario solo circule el 58% de la corriente de línea.

Además permite que la tercera armónica circule por el interior del transformador evitando que salga a la línea originando disturbios en las líneas telefónicas.

- En el diseño de la línea de transmisión se ha despreciado el efecto capacitivo por ser muy pequeño.

$$C = \frac{2\pi \epsilon}{\ln \frac{D_{eq}}{R}} \quad \text{F/m}$$

Donde: $\epsilon = 8.85 \times 10^{-12} \quad \text{F/m}$

$$D_{eq} = \sqrt[3]{D_{12} \times D_{13} \times D_{23}} = \sqrt[3]{0.75 \times 0.75 \times 1.2} = 87.721 \times 10^{-12} \text{ m}$$

$$r = \frac{5.189 \text{ mm}}{2} = 25.945 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$c = \frac{2\pi \times 8.85 \times 10^{-12}}{\ln \left(\frac{87.721 \times 10^{-2}}{25.945 \times 10^{-4}} \right)} = 9.54883 \times 10^{-12} \quad \text{F}$$

$$\ln \left(\frac{87.721 \times 10^{-2}}{25.945 \times 10^{-4}} \right)$$

$$: 4.0105 \times 10^{-8} \quad \text{F}$$

$$X = -j \frac{1}{\omega C} = -66,139.26$$

La corriente de fuga por efecto capacitivo será :

$$I_F = \frac{10,000}{66,139.26} = 0.151 \text{ A}$$

Esta corriente es despreciable frente a la corriente de línea

- No es recomendable proyectar plantas totalmente automáticas ya que en el país no contamos con técnicos capaces de mantener dichos equipos.

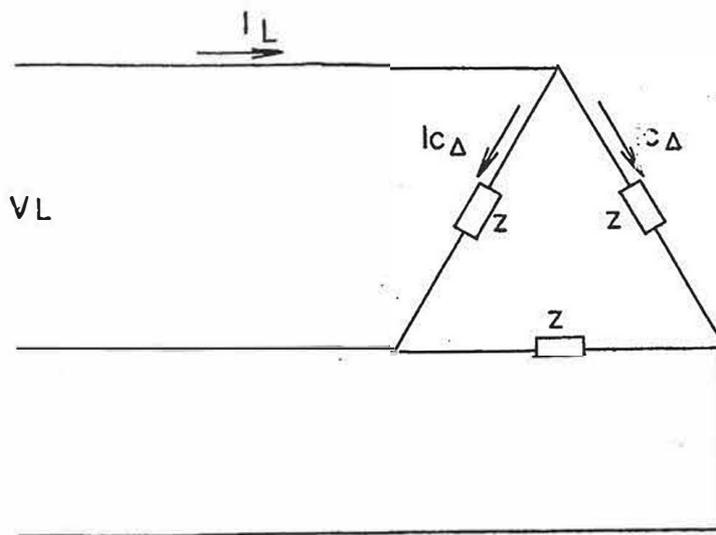
- Para seleccionar los fusibles en baja y alta tensión se determina partiendo de la corriente del motor eléctrico, de la corriente máxima de arranque y tiempo necesario para aquel. Este mismo análisis nos permite determinar el poder de ruptura del interruptor utilizado.
- La referencia que se hace de la marca y el tipo de los equipos a usar sólo tiene el propósito de definir mejor al elemento a usar y/o aligerar el proceso de adquisición ya que por lo general se considera equipos de fabricación Nacional.
- No se ha considerado del uso de pararrayos teniendo en cuenta el nivel isoceraúnico nulo que es el que determina la frecuencia de insidencia de los rayos en la línea, así también teniendo en cuenta que las sobretensiones por origen interno ó de maniobras obedecen a una tensión de 10 KV, podemos concluir que no es necesario el uso de pararrayos.
- El arranque estrella-triángulo unicamente sastiface su objetivo si el motor en la conexión de arranque se acelera aproximadamente hasta su velocidad nominal, es decir si la bomba arrancada puede descargarse. Si no fuera así, el motor queda en una velocidad inferior y al conmutar tiene lugar un golpe instantáneo de corriente, que llega casi al valor de la intensidad de conexión no reducida , con lo cual no se logra, en parte, el efecto propio de la conexión estrella-triángulo

- Normalmente los sistemas de saneamiento básico se construyen de modo que permitan aumentar su uso con el transcurso del tiempo y así poder afrontar el crecimiento demográfico de la comunidad, de ésta manera es común que en los primeros años las instalaciones funcionan a bajo porcentajes de su capacidad nominal, incrementan dose éste porcentaje hasta alcanzar su capacidad nominal en el período de diseño.
- Los equipos electromecánicos han sido seleccionados teniendo en cuenta criterios técnicos, recomendaciones y experiencias de pro fesionales en éste campo.

APENDICE

A.- Cálculo de la Corriente Nominal de los Contactores de un Arrancador Estrella Triángulo

1.- Contactor en Triángulo



V_L = Tensión de línea

I_L = Corriente de línea

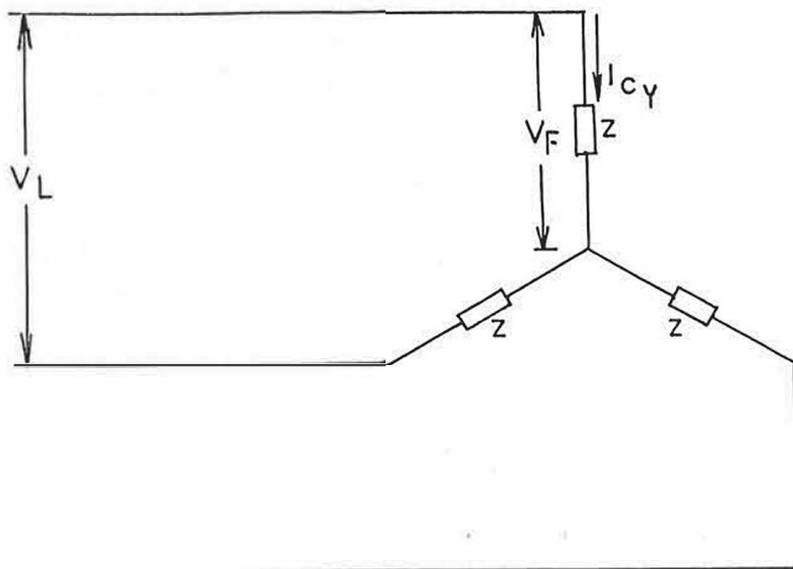
$I_{c_{\Delta}}$ = Corriente del contactor en la conexión en triángulo

I_L = Corriente de línea

Z = Impedancia por fase

$$I_{c_{\Delta}} = \frac{V_L}{Z} \dots\dots\dots (I)$$

2.- Contactor en estrella



$$\bar{V}_F = \bar{V}_L / \sqrt{3}$$

$$I_{C\gamma} = V_F / Z = \frac{1}{\sqrt{3}} \frac{V_L}{Z} \quad (II)$$

(I) en (II)

$$I_{C\gamma} = I_{C\Delta} / \sqrt{3}$$

B.- Comparación Económica entre la Implementación de un Grupo
Electrógeno y el tendido de una línea Eléctrica

Costo de la autogeneración de Energía Eléctrica

a).- Costo de posesión del equipo

Inversión en la adquisición I/. 2'380,006,45 +

I/. 31,105.24 que equivale a U.S \$ 137,777.81

- La anualidad del costo del grupo, considerando un periodo
de amortización de 10 años es:

$$A = \frac{P (1 + i)^n i}{(1+i)^n - 1}$$

donde: P = 137,777.81

i = 0.1

n = 10

$$A = 137,777.81 \frac{(1 + 0.1)^{10} \times 0.1}{(1 + 0.1)^{10} - 1}$$

A = 22,422.704

b).- Gastos de operación

- Consumo de combustibles

Del catálogo del fabricante del grupo se tiene que el
consumo de combustible es de 181.7 LT/hora o sea 48.1
galones/hora . El costo de combustible mensual en
dólares será.

$$C = 48 \frac{\text{gal}}{\text{hora}} \times 24 \text{ h} \times 30 \times \frac{1/15.0}{\text{gal}} \times \frac{1 \$}{1/17.5} = 29,622.86$$

Costo anual del combustible

$$A = 29,590$$

$$i = 0.1$$

$$n = 12$$

$$F = ?$$

$$F = A \frac{(1+i)^n - 1}{i} = 29,622.8 \frac{(1+0.1/12)^{12} - 1}{0.1/12}$$

$$= 371,815.1597$$

- Consumo de aceite

Del catálogo del fabricante se tiene que el motor diesel consume 0.62 lt/hora o 0.164 galones/hora

Consumo mensual de aceite será:

$$C = 0.164 \frac{\text{g}}{\text{h}} \times 24 \times 30 \text{ h}$$

$$C = 0.164 \times 24 \times 30 \text{ g} \times \frac{1/100.0}{\text{g}} \times \frac{1 \$}{1/17.5} = 674.743$$

El costo anual en aceite será:

$$C = 674.743 \times \frac{(1+0.1/12)^{12} - 1}{0.1/12} = 8,488.42$$

c) Salario del Operador

Se considera el salario del operador incluido los benefi-

cios sociales.

Costo h.h. I/.26.73

Total de horas mensual 6,271.2

Costo en dólares que significa para el Senapa

$$C = \frac{6,271.2}{17.5} = 358.35$$

Costo anual:

$$F = A \frac{(1+i)^n - 1}{i}$$

donde:

A = costo mensual 358.35

i = tasa de interés anual = 0.1

n = número de meses 12

$$F = 358.35 \frac{(1 + 0.1/12)^{12} - 1}{0.1/12} = 4,502.871$$

Luégo el costo anual que representa para la empresa para generar su propia energía eléctrica será de:

$$22,133.434 + 371,815.16 + 8,488.42 + 4,502.871 =$$

US \$ 406,939.885

Costo anual de la Energía Eléctrica

Este cálculo se refiere al costo anual que significa para el SENAPA usar la energía eléctrica suministrada por la Empresa de Energía incluida la anualidad del tendido de la línea de transmisión y subestación de transformación.

a) Energía mensual consumida

$$E = 589.133 \text{ KW} \times 24 \times 30$$

$$E = 424,175.76 \text{ KW-h}$$

Según tarifa establecida por el Ministerio de Energía y Minas para las Plantas de Tratamiento de Agua Potable de Servicio Público.

Consumo mínimo mensual 200 KW-h I/. 56.0

Exceso I/. 0.2832

Luego el costo mensual será:

$$C = 200 \times 56 + (E - 200) \times 0.2832$$

$$C = 200 \times 56 + (4.24,175.76 - 200) \times 0.2832 = 131,269.935$$

Para efectos de comparación con la Central Diesel se tiene que calcular el costo anual en dólares

$$C = 131,269.935 / 17.5 = 7,501.139$$

La anualidad será:

$$F = ?$$

$$A = 7,501.139$$

$$i = 0.1$$

$$n = 12$$

$$F = \frac{A(1+i)^n - 1}{i} = 7,501.129 \frac{(1+0.1/12)^{12} - 1}{0.1/12} = 94,256.073$$

$$F = \text{US } \$94,256.073$$

El costo anual de la energía es de US \$94,256.073

- b) Anualidad de la Inversión para el tendido de la Línea de Transmisión

Costo total de la línea incluida la subestación

Línea de transmisión I/. 64,598.46 + 479,435.31

Subestación de transformación I/. 2,679.32 + 423,677.23

Total I/. 970,390.32

La inversión equivalente en dólares será 55,450.88

El costo anual que representa para el Senapa será:

$$A = ?$$

$$P = 55,450.88$$

$$i = 0.1$$

$$n = 10$$

$$A = \frac{P (1+i)^n i}{(1+0.1)^{10} - 1} = 55,450.88 \times \frac{(1+0.1)^{10} \times 0.1}{(1+0.1)^{10} - 1} = 9,024.375$$

$$A = \text{US } \$9,024.375$$

El gasto anual que representa para el Senapa para contar con energía eléctrica será:

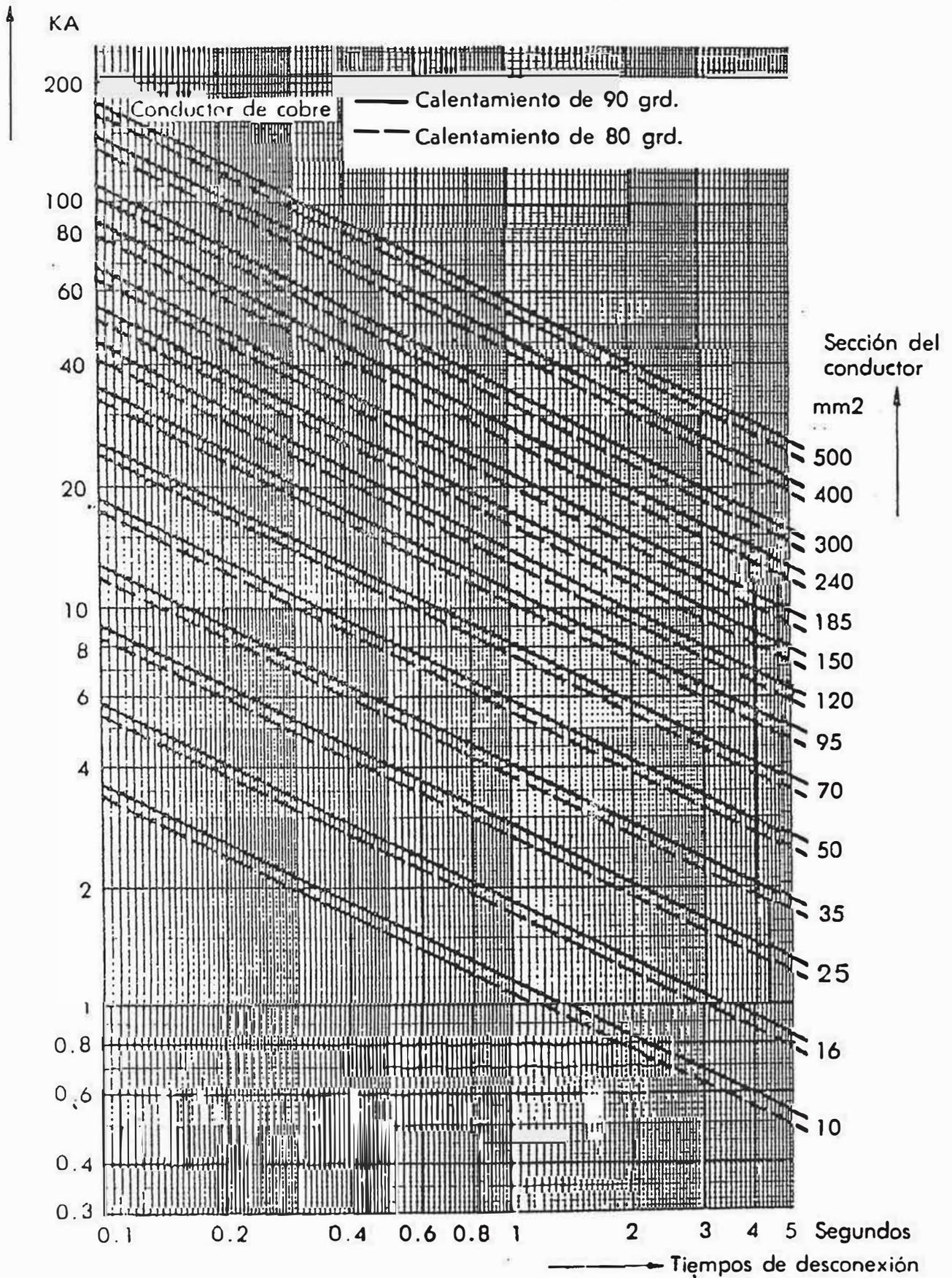
$$94,256.073 + 9,024.375 = 103,280.45$$

Como conclusión se puede sacar que debido a la pequeña longitud de la línea, en el hipotético caso de tener que elegir entre un grupo electrógeno y la línea de transmi-

sión, es mucho más económica la construcción de la Línea de Transmisión:

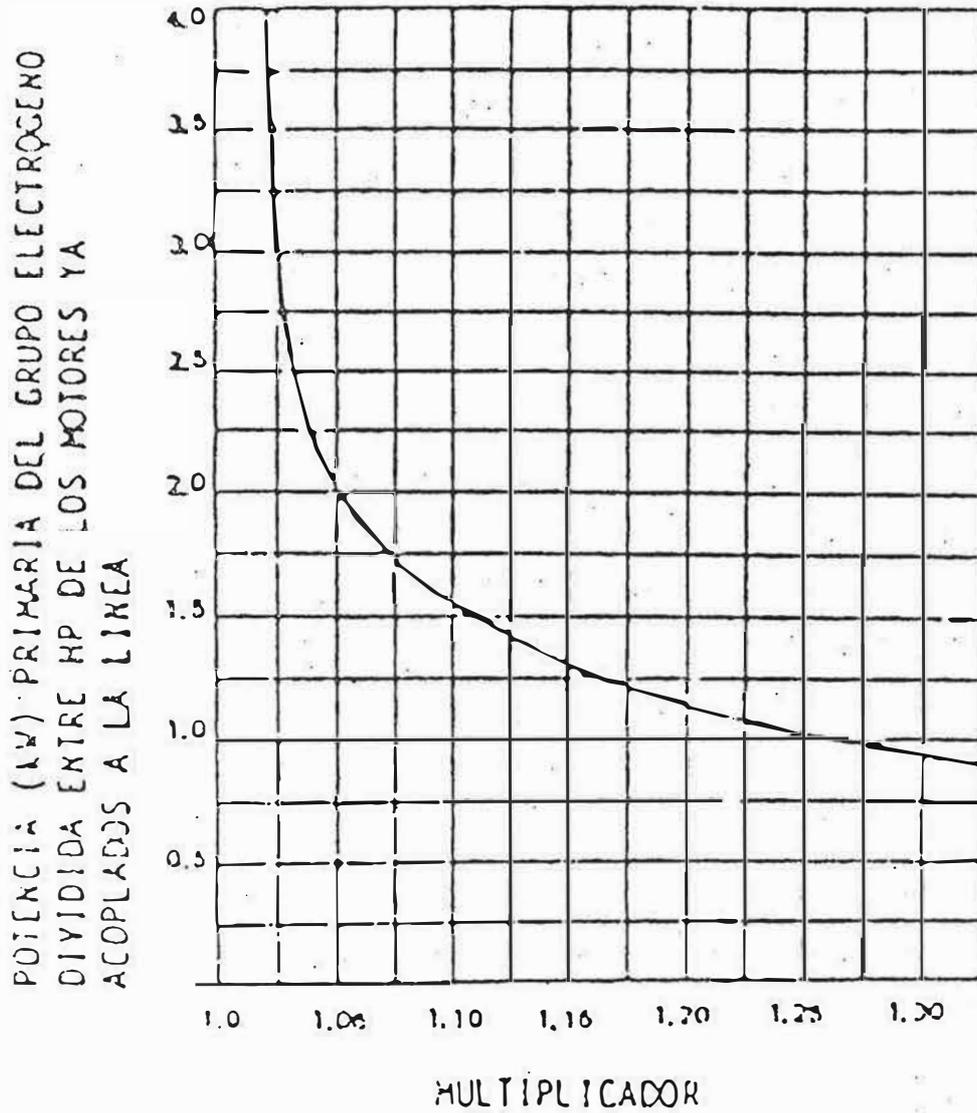
US \$103,280.45 contra 406,939.885

C - CORRIENTE DE CC TERMICAMENTE ADMISIBLE EN CONDUCTOR NKY



D GRAFICO PARA SELECCION DE GRUPO ELECTROGENO

MULTIPLICADOR DE PRECARGA DEL MOTOR - Fig. 1



D - TABLAS PARA SELECCION DE GRUPO ELECTROGENO.

Potencia (kW) a 60 Hz y F. de P. de 0,8

kVA de Arranque

| Servicio Auxiliar | Servicio Primario | RPM | Grupo Electróg. | 10% Calda | 20% Calda | 30% Calda |
|-------------------|-------------------|------|-----------------|-----------|-----------|-----------|
| 950 | 850 | 1200 | D399 TA | 575 | 1200 | 2000 |
| 750 | 670 | 1800 | D349 TA | 470 | 1260 | 1600 |
| 675 | 600 | 1200 | D398 TA | 270 | 620 | 1130 |
| 670 | 530 | 1800 | D348 TA | 290 | 630 | 1230 |
| 450 | 420 | 1200 | D379 TA | 240 | 500 | 950 |
| 420 | 395 | 1800 | 3412 TA | 230 | 470 | 810 |
| 410 | 335 | 1800 | D346 TA | 216 | 440 | 740 |
| 370 | 320 | 1800 | 3412 T | 160 | 410 | 700 |
| 335 | 300 | 1200 | D353 TA | 200 | 400 | 800 |
| 320 | 295 | 1800 | 3412 T | 160 | 410 | 700 |
| 285 | 260 | 1800 | 3408 TA | 175 | 330 | 560 |
| 285 | 250 | 1800 | D343 TA | 175 | 330 | 560 |
| 260 | 235 | 1800 | 3408 T | 175 | 330 | 560 |
| 240 | 210 | 1800 | 3406 TA | 155 | 320 | 498 |
| 210 | 185 | 1800 | 3406 T | 137 | 290 | 448 |
| 180 | 155 | 1800 | 3308 TA | 130 | 263 | 390 |
| 155 | 135 | 1800 | 3306 T | 125 | 247 | 365 |
| 130 | 110 | 1800 | 3306 T | 85 | 165 | 240 |
| 105 | 90 | 1800 | 3304 T | 85 | 165 | 240 |
| 80 | 65 | 1800 | 3304 T | 53 | 114 | 170 |
| 60 | 55 | 1800 | 3304 NA | 50 | 94 | 135 |

Tabla 1

FACTORES MULTIPLICADORES POR REDUCCION DE VOLTAJE EN EL ARRANQUE - Tabla 2

| TIPO | Multiplicar los kVA-a por |
|--------------------------------------|---------------------------|
| Resistencia, Inductancia, Impedancia | |
| 80% | 0.80 |
| 65% | 0.65 |
| 50% | 0.50 |
| 45% | 0.45 |
| Autotransformador | |
| 80% | 0.68 |
| 65% | 0.46 |
| 50% | 0.29 |
| Conexión estrella, Conexión delta | 0.33 |

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Análisis Poblacional del Programa Regional OPS/EHP/CEPIS de mejoramiento de calidad de agua para consumo humano.
- 2.- Análisis de Sistemas Eléctricos de Potencia
Willian D. Stevenson Jr,
Mc. Graw Hill
- 3.- Centrales Eléctricas
Castelfranchi-edición UNI
- 4.- Código Nacional de Electricidad
- 5.- Estaciones de Transformación y Distribución
Gaudencio Zoppety Júdez
Editorial Gustavo Gili S.A.
- 6.- Fundamentos de Instalaciones Eléctricas de Mediana y Alta Tensión
Gilberto Linusa
- 7.- Instalaciones Eléctricas II
Ingeniero José Aguirre Rodriguez

- 8.- Líneas de Transporte de Energía
Luis Maria Checa
Editorial Marcombo
- 9.- Manual de Información Técnica Caterpillar
CAT and CARE trademar KS of caterpillar tractor CO.
- 10.- Manual de Concepción de un Automatismo de Telemecánica
Eléctrica Española
- 11.- Normas VDE 100 - Protección Eléctrica
- 12.- Redes Eléctricas
Gaudencio Zoppety Júdez
Editorial Gustavo Gili S.A.
- 13.- Teoría, diseño y control de los procesos clarificación de agua
Centro Panamericano