

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA



**PROYECTO DE REHABILITACION Y AMPLIACION ELECTROMECHANICA
DE LA CAMARA DE BOMBEO DE AGUAS RESIDUALES Y PLUVIALES
DE LA CIUDAD DE TUMBES**

TESIS

PARA OBTAR EL TITULO PROFESIONAL DE

INGENIERO ELECTRICISTA

DIMAS MORENO CAMPOS

LIMA - PERU

1994

S U M A R I O

El presente proyecto tiene por objeto; la rehabilitación de la cámara de bombeo de aguas residuales y pluviales, de la ciudad de Tumbes afectadas por las lluvias torrenciales ocurridas en el año de 1983 al producirse el fenómeno del niño; igualmente se efectuará la ampliación de la capacidad de bombeo de dicha cámara. La existencia de esta cámara es imprescindible en la evacuación de aguas servidas provenientes de las alcantarillas y de las aguas pluviales con precipitaciones considerables; las mismas que son impulsados y evacuados al río Tumbes.

En esta tesis se elige la capacidad de la cámara en base a datos proporcionados por la Empresa SEDATUMBES, respecto al volumen de agua evacuada por bombeo en la ciudad de Tumbes desde el año 1955. Se efectua los cálculos correspondientes, para la elección principalmente de; equipos de bombeo, sistema de control automático/mando-protección, sistema de emergencia y subestación adecuada.

El resultado del proyecto; es una cámara de bombeo 600 Lt/S.-26m. HDT, con una subestación de 315KVA-10/0.22KV., suficientes para garantizar la evacuación normal hasta un periodo de 25 años, con proyección hasta 30 años.

**PROYECTO DE REHABILITACION Y AMPLIACION
ELECTROMECANICA DE LA CAMARA DE BOMBEO
DE AGUAS RESIDUALES Y PLUVIALES
DE LA CIUDAD DE TUMBES**

TITULO : PROYECTO DE REHABILITACION Y AMPLIACION
ELECTROMECHANICA DE LA CAMARA DE BOMBEO DE
AGUAS RESIDUALES Y PLUVIALES DE LA CIUDAD
DE TUMBES.

AUTOR : DIMAS MORENO CAMPOS

PARA OPTAR EL TITULO DE : INGENIERO ELECTRICISTA

FACULTAD : INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

UNIVERSIDAD : UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

LIMA - PERU

1994

E X T R A C T O

El Capítulo I ; trata sobre las características principales del area de influencia, se indican las instalaciones existentes, las causas que produjeron la elaboración del presente proyecto, los principales problemas que suceden a falta de evacuación y los alcances del proyecto como alternativa de solución.

El Capítulo II; trata sobre la determinación de la carga instalada y máxima demanda; mediante la evaluación de los sistemas de fuerza, alumbrado y tomacorrientes; en función a los parámetros del sistema mecánico para el sistema de fuerza, el método de Lúmenes y los nueve

puntos para el sistema de alumbrado y las cargas mínimas exigidas por el C.N.E. para el uso de tomacorrientes.

El Capítulo III; presenta el desarrollo de los cálculos justificativos tanto mecánico y eléctrico, que permitan efectuar el diseño de los diferentes sistemas, en base a normas legales y parámetros de diseño y conecuentemente se eligen los diferentes componentes para las instalaciones, tomando en cuenta las consideraciones técnicas.

El Capítulo IV; trata sobre las especificaciones técnicas de los equipos y materiales a suministrar; tomando en cuenta los resultados del capítulo anterior, el C.N.E. y las normas técnicas vigentes; trata sobre el procedimiento para la ejecución del montaje electromecánico, igualmente en base a normas técnicas, instrucciones de los fabricantes y criterios técnicos y acondicionamiento según requerimientos propios. Igualmente nos indica el procedimiento para el embalaje, carga, transporte y descarga de materiales y equipos; para constatar la calidad del material y la buena ejecución del montaje, se efectuarán las pruebas de control tanto en planta de fabricación y en obra, en base a tolerancias mínimas exigidas.

El Capítulo V; trata sobre el metrado y presupuesto por separado de las instalaciones mecánicas y eléctricas, necesarios en cantidad y costo, que servirán de base para una Licitación Pública; se presenta el análisis de costos

unitarios de montaje de cada ítem de las partidas consideradas y divididas en: mano de obra, equipos y herramientas y material consumible; se muestra las fórmulas polinómicas de reajuste de precios en base a procedimiento de la Cámara Peruana de la Construcción a fin de reconocer los mayores costos por incremento de precios de materiales y mano de obra; igualmente se elabora los cronogramas valorizado por avance de obra, donde muestra los periodos de suministros y ejecución de trabajos sin que una partida entorpesca la ejecución de otra.

Seguidamente se da las conclusiones y recomendaciones en general del resultado del proyecto elaborado y su contribución al bienestar social de los pobladores de la ciudad de Tumbes.

Asimismo se presenta un conjunto de anexos y los planos del proyecto.

Finalmente se presenta la relación de la bibliografía utilizada.

T A B L A D E C O N T E N I D O

	Pág
INTRODUCCION	1
 CAPITULO I : DESCRIPCION, JUSTIFICACION Y ALCANCES DEL PROYECTO.	 2
1.1 Generalidades	2
1.2 Descripción del proyecto	2
1.2.1 Caraterísticas principales del area de influencia.	2
1.2.2 Descripción de las instalaciones existentes	3
1.3 Justificación del proyecto	7
1.4 Alcances del proyecto	7
1.4.1 Alcances del diseño mecánico	8
1.4.2 Alcances del diseño eléctrico	8
 CAPITULO II : ESTUDIO Y DETERMINACION DE LA CARGA INSTALADA Y MAXIMA DEMANDA	 12
2.1 Generalidades	12
2.2 Justificación de parámetros del sistema mecánico	12
2.3 Determinación de cargas del sistema eléctrico	13
2.3.1 Sistema de fuerza	13
2.3.2 Sistema de alumbrado	15
2.3.3 Sistema de tomacorrientes	16

CAPITULO III : CALCULOS JUSTIFICATIVOS Y ELECCION DE COMPONENTES.	20
3.1 Generalidades	20
3.2 Bases de diseño	20
3.2.1 Bases de diseño mecánico	20
3.2.2 Bases de diseño eléctrico	21
3.3 Diseño del sistema mecánico	22
3.3.1 Determinación del nuevo caudal	22
3.3.2 Determinación de la altura dinámica total	25
3.3.3 Cálculo de potencia de electrobomba 300lt/s	38
3.3.4 Elección de electrobombas	41
3.3.5 Elección de válvulas	45
3.3.6 Elección de tuberías y accesorios	46
3.4 Diseño del sistema eléctrico	48
3.4.1 Diseño de subestación	49
3.4.2 Equipos de medición en 10KV	54
3.4.3 Diseño de tablero general	55
3.4.4 Diseño de alimentadores principales	81
3.4.5 Diseño de alimentadores de circuitos derivados	84
3.4.6 Diseño del sistema de puesta a tierra	91
3.4.7 Diseño del sistema de iluminación	100
CAPITULO IV : ESPECIFICACIONES TECNICAS DE EQUIPOS Y MATERIALES	111
4.1 Generalidades	111
4.2 Especificaciones técnicas de suministro	111

4.2.1	Condiciones generales de suministro	111
4.2.2	Condiciones de servicio	119
4.2.3	Materiales y equipos a suministrar	121
4.3	Especificaciones técnicas de montaje	151
4.3.1	Condiciones generales de montaje	151
4.3.2	Montaje de materiales y equipos	158
CAPITULO V - METRADO Y PRESUPUESTO		172
5.1	Generalidades	172
5.2	Criterios básicos para la elaboración del metrado y presupuesto	172
5.2.1	Suministro de materiales y equipos	173
5.2.2	Montaje electromecánico	173
5.2.3	Transporte de materiales y equipos	174
5.2.4	Gastos generales	174
5.3	Análisis de costos unitarios	174
5.4	Fórmulas polinómicas	175
5.5	Cronograma valorizado de avance de obra	175
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		176
ANEXOS		178
BIBLIOGRAFIA		238
PLANOS DEL PROYECTO		240

INTRODUCCION

El proyecto en mención forma parte de la rehabilitación y ampliación eléctrica y mecánica de la Cámara de Bombeo de Aguas Residuales y Pluviales N°1 de la Ciudad de Tumbes, cuyo propietario es SEDATUMBES.

El presente Proyecto corresponde principalmente a la Descripción, Estudio de Carga, Ingeniería de Diseño, Especificaciones Técnicas, Metrado y Presupuesto; siendo su principal objetivo el de Ampliar la capacidad de evacuación de aguas residuales y pluviales; para mejorar las condiciones de salubridad de la población y evitar inundaciones en la ciudad; como las ocurridas el año 1983

CAPITULO 1

DESCRIPCION, JUSTIFICACION Y ALCANCES DEL PROYECTO

1.1 Generalidades

En el presente capítulo es necesario indicar la zona en el cual se pretende desarrollar el presente Proyecto; para lo cual es necesario conocer la ubicación y las características geográficas y climáticas. Así mismo se indicará en forma detallada las instalaciones existentes tanto en la parte mecánica y eléctrica esto nos permitirá tener una idea clara a partir de que punto se inicia el nuevo Proyecto.

Los estudios sobre dimensionamiento de la cámara de bombeo y obras civiles son existentes.

Se cuenta con el apoyo de SEDATUMBES en el suministro de planos, datos de carga y visitas al lugar de la cámara; y el apoyo de la Municipalidad de Tumbes en el suministro de datos de población.

1.2 Descripción del proyecto

En esta sección, describiremos la ubicación del proyecto, sus características geográficas y climáticas, las instalaciones existentes y su estado.

1.2.1 Características principales del area de influencia.

La zona del proyecto en mención, está defi-

nido por las siguientes características:

a) Ubicación:

La Cámara de bombeo de desagüe está ubicada en el sector de Coloma de la ciudad de Tumbes, en el Distrito, Provincia y Departamento de Tumbes; en el extremo noroccidental de la costa del Perú; su posición geográfica es de 3°34'16" latitud sur y 80°28'01" longitud oeste, su altitud es de 6m.s.n.m. En el plano U-01-01 se muestra la ubicación del área de influencia del Proyecto.

b) Características geográficas y climáticas:

La geografía es relativamente plana con características típicas de costa Peruana y definida por la existencia del río Tumbes; la humedad ambiental varía entre 78% y 98%; su clima es cálido con temperatura promedio de 24°C, la máxima llega a 37°C de febrero a marzo y la mínima a 20°C de julio a agosto; la velocidad del viento corresponde a la zona 1, con valor máximo de 5m/s. y con precipitación promedio anual de 135mm.

1.2.2 Descripción de las instalaciones existentes

Las características principales de las Instalaciones existentes; lo describiremos tanto en la parte Mecánica y Eléctrica y el

estado en que se encuentran, las mismas nos servirá de base para determinar el Proyecto de Rehabilitación y la Ampliación de la Capacidad de Bombeo.

a) Características mecánicas

Las instalaciones mecánicas existentes presenta las siguientes características:

a1) La Cámara de bombeo está constituida por dos zonas bien definidas:

Zona húmeda o cámara húmeda; que es precisamente donde se almacenan las aguas residuales y pluvionales. La cámara tiene forma de un anillo cuyas dimensiones son:

Diametro externo	: 8.60 m
Diametro interno	: 6.60 m
Altura neta	: 6.55 m
Volumén neto	: 156 m ³

Cámara seca (ver planos N° IM-01-03), ubicado en la parte central de la Cámara de Bombeo, con un diametro interior de 6.00m. En esta se ubican los equipos y accesorios de bombeo

a2) Existen cuatro electrobombas, con las siguientes características.

- Dos electrobombas de 255lt/s de capacidad cada una, y una altura total dinámica de 15 mts. para funcionamiento alternativo,

con tuberías de succión e impulsión 14"Ø.

- Dos electrobombas de achique de 56 lt/s, c/u y una altura total dinámica de 31mts., para funcionamiento en paralelo, con tuberías de succión e impulsión de 8"Ø.

Las bombas de 255lt/s se encuentran en mal estado; con operación deficiente; con excesivo desgaste de los componentes de la máquina y con posible fenómeno de cavitación que reduce el rendimiento.

- a3) Medidor de nivel de agua con boyas y contrapeso e indicador de nivel; en mal estado y fuera de su instalación.
- a4) Tuberías de descarga de 14"Ø para las dos electrobombas de 255lt/s, los cuales convergen a una misma tubería de 14"Ø y los accesorios correspondientes.

Las tuberías de 8"Ø de las electrobombas de achique, convergen en una tubería de 10"Ø. Las tuberías de 14" y 10"Ø convergen en una tubería principal de acero de 18"Ø en un tramo de 20m.; para luego empalmar con una tubería de asbesto/cemento de 18"Ø con un recorrido de 580m.

- a5) Cada una de las electrobombas poseen dos válvulas tipo compuerta de 150PSI en las tuberías de succión y de descarga respec-

tivamente y una válvula de retención check en el lado de descarga. Las válvulas se encuentran en condiciones operables.

a6) Motobomba auxiliar de 150lt/s(540 m³/h), que se utiliza en caso de corte del suministro eléctrico o cuando se presente alguna otra deficiencia. La motobomba, se encuentra en condiciones operables.

b) Características eléctricas

Las instalaciones eléctricas existentes presenta las siguientes características:

b1) Subestación barbotante, tipo biposte, con transformador de 150KVA, 10/0.22KV. La subestación incorpora equipo de protección en el lado primario conformado por:

03 cortocircuito fusible tipo cut out:
15KV, BIL 110KV, 100A.

- 03 Pararrayos autoválvula: 15 KV.

- Aisladores tipo Pin, clase 55-5 para 15KV.

En el lado secundario de tiene: el tablero de distribución y control de electrobombas; con conexiones de ingreso y salida mediante conductores del tipo WP aereo.

b2) Grupo electrógeno de 180KW-220V-cos ϕ 0.8; está en mal estado y su reparación y rehabilitación estará a cargo de la propietaria SEDATUMBES.

b3) Tablero de control y mando de las electrobombas y del grupo electrógeno; los cuales estan en estado defectuoso y será necesario su total cambio.

1.3 Justificación del proyecto

Las causas que se produjeron para la elaboración del presente Proyecto; fueron debido a que la cámara de bombeo de aguas residuales y pluviales No.1 de Tumbes fueron afectados por las lluvias torrenciales ocurridas en el año 1982/83 y por otro lado se produjo el crecimiento de la población.

Los principales problemas que se produjeron a falta de una evacuación adecuada fueron: el anegamiento de la cámara de bombeo, la inundación de la ciudad y rebose de las aguas residuales, que trajo como consecuencia las afecciones en la salud de la población, hasta con resultados dramáticos.

El presente Proyecto da la solución adecuada; mediante la rehabilitación de la cámara de bombeo y la ampliación de su capacidad de evacuación; garantizando su operación para 25 años, con proyección a 30 años.

1.4 Alcances del proyecto

A fin de dar solución a los problemas que se indican en el numeral 1.3 se tomó como alternativa efectuar los estudios y proyecto de la cámara de bombeo; lo cual consiste en el diseño y selecciona-

miento de los siguientes sistemas electromecánicos:

1.4.1 Alcances del diseño mecánico

- a) Ampliación de capacidad de bombeo; lo cual consiste de dos electrobombas, cada una de 300lt/s. de caudal y una altura dinámica total de 26m; para bombeo en simultaneo. Las bombas serán montadas sobre la misma base existente, debiéndose hacer las modificaciones correspondientes según las nuevas dimensiones de los equipos; verificándose luego el perfecto alineamiento y verticalidad.
- b) Mayor dimensionamiento de las tuberías de descarga común; es decir el tramo entre la unión de las tuberías de descarga 14"Ø de las bombas de 300lt/s y la unión de las tuberías de descarga 10"Ø de las bombas de achique de 56 lt/s; será de acero de 18"Ø en lugar de 14"Ø existente. El resto de tubería así como las válvulas de compuerta y de retención, será la misma debiéndose dar el mantenimiento respectivo.
- c) Los accesorios de tuberías tales como: reducciones, tees, codos y dispositivos de medición serán nuevos.

1.4.2 Alcances del diseño eléctrico

- a) Dotar del suministro de energía eléctrica necesaria y suficiente para la operación en

paralelo de las electrobombas, mediante la ampliación y el mejoramiento de la subestación de transformación que será del tipo superficie con transformador de 10/0.22KV a instalarse a la intemperie con un sistema de pórticos de concreto armado y vigas de madera, donde se fijarán los elementos de control y protección, aisladores y barramiento con cable de cobre desnudo. La llegada en 10KV. será aéreo desde el punto de alimentación existente en el exterior de las instalaciones de la red de Electronorte.

Pudo haberse elegido una SE-10/0.44KV, pero está limitado al uso del grupo electrógeno de 180KW-220V en existencia; utilizado para casos de emergencia.

- b) Instalación de un nuevo tablero de alimentación eléctrica, de control y de mando, desde donde se gobernará a las bombas. Será del tipo autosoportado, conformado por cuatro paneles; el panel 1 corresponderá a la alimentación de Electronorte, los paneles 2 y 3 será para los controles de las electrobombas y el panel 4 corresponderá a la transferencia de energía Normal/-Emergencia. Todos los paneles llevarán sus equipos de control, mando y cuadro de

medición; el control automático de arranque será accionado con detectores de nivel.

- c) Instalación de un sistema de control automático de niveles; lo cual consistirá de cinco detectores de nivel de líquido (electrodos) a instalarse en la cámara húmeda, y detectan la señal de nivel, que accionarán los contactos eléctricos que controlan los arrancadores.
- d) La alimentación en 10KV. será con cable de Cu. desnudo; mientras los alimentadores en 220V. sera: Para tablero general sera con cable de energía subterránea tipo NYY, para las electrobombas será con cable THW con su correspondiente conductor de tierra, para cargas menores permanecerán las existentes, dándose el chequeo del aislamiento.
- e) Con la finalidad de conectar a tierra las partes metálicas del sistema no conductor, tales como carcasas de transformador, electrobombas, gabinetes metálicos, así como los secundarios del transformador de medida y del pararrayo; serán diseñadas de manera de ofrecer la menor resistencia a las descargas eléctricas y para lo cual se utilizará un sistema de electrodos y mallamiento.

- f) La reparación, mantenimiento y puesta en operación del grupo de emergencia existente, estará a cargo de SEDATUMBES y se utilizará para casos de interrupción de energía del sistema eléctrico.
- g) El mantenimiento de las bombas de achique estará a cargo de SEDATUMBES, y se utilizará a fin de evitar grandes acumulaciones de lodos y sedimentaciones.

CAPITULO II
ESTUDIO Y DETERMINACION DE LA CARGA INSTALADA
Y MAXIMA DEMANDA

2.1 Generalidades

El presente capítulo presenta el estudio para la determinación de la Carga Instalada y la Máxima Demanda; para lo cual ha sido necesario la evaluación de los sistemas de fuerza, alumbrado y tomacorriente en proyecto; además se ha incluido las cargas existentes en las instalaciones. Los resultados obtenidos en el presente capítulo, nos permitirá efectuar los cálculos y diseño del sistema eléctrico que se muestra en el capítulo III.

2.2 Justificación de parámetros del sistema mecánico

Los valores que permiten la selección de la potencia mecánica de la bomba; son el caudal(Q) y la altura dinámica total(HDT); las mismas se determinan en el capítulo III-sección 3.3 y cuyos valores son:

$$Q = 300\text{lt/s.}$$

$$\text{HDT} = 26\text{m.}$$

A partir de dichos valores procedemos a calcular la Potencia Mecánica, tal como :

$$P_m = \frac{\tau \times Q \times \text{HDT}}{75 \times \eta_b}$$

Donde :

τ · Peso específico del líquido = 1100Kg/cm³

η_b · Eficiencia de la bomba(Promedio) = 85%

La eficiencia de la bomba puede variar por razones de construcción, siendo más elevada para las máquinas grandes.

Luego :

$$P_m = 134.59\text{HP}$$

2.3 Determinación de cargas del sistema eléctrico

Para la determinación de cargas del sistema eléctrico; es necesario definir lo siguiente:

a) Potencia instalada "PI".- Es la suma de todas las cargas eléctricas existentes y proyectadas de una instalación.

b) Máxima demanda "MD".- Es la mayor carga que utiliza una instalación en un periodo determinado.

Tanto la PI como la MD, se determina en cada uno de los sistemas de; Fuerza, Alumbrado y Tomacorriente y por ambientes, tales como:

2.3.1 Sistema de fuerza

La potencia instalada de fuerza, es la suma de potencias de los equipos de bombeo existentes y proyectados. Los equipos de bombeo proyectado, constituido por dos unidades; lo determinamos a partir de la Potencia Mecánica calculado en 2.2.

$$P_e = \frac{P_m}{\eta_e}$$

Donde

$\eta_e =$ Eficiencia del motor eléctrico = 91%

Igualmente la eficiencia del motor eléctrico es variable por razones de construcción.

Luego

$$P_e = 147.90\text{HP}$$

En el capítulo III-sección 3.3.3, se determina la Potencia del conjunto bomba-motor con una eficiencia promedio empleado por determinado fabricante; luego la potencia normalmente fabricado es

$$P = 150\text{HP} = 111.90\text{KW}.$$

Para calcular la máxima demanda del sistema de fuerza; se hizo la salvedad que funcionarán como máximo las dos bombas de 150HP proyectados y las bombas existentes de 36HP será solo para bombeo de sedimentos. La PI y MD del sistema de fuerza se muestra en la tabla No.2.1 y los circuitos en el plano IE-01-06.

CARGA	P.I. (KW)	f.d.	M.D. (KW)
CIRCUITO C-1/C-2 TABL. TG			
- 2 Electrob. 56lt/s- 36HP	53.72		
CIRCUITO C-3/C-4 TABL. TG			
- 2 Electrob.300lt/s-150HP	223.80	1.00	223.80
Total Fuerza	277.52	0.81	223.80

TABLA No.2.1.- CARGAS ELECTRICAS DE FUERZA

2.3.2 Sistema de alumbrado

Para el cálculo del sistema de alumbrado de interiores; se ha empleado el método de Lúmenes e Índices de Local, mientras que para el alumbrado del cerco se ha empleado el método de los 9 puntos. Los valores calculados para ambos casos se determinan en el cap.III-sección 3.4.7

La potencia instalada de alumbrado, es la suma de las potencias de artefactos de iluminación interiores y exteriores

Para interiores se utilizará lámparas fluorescentes de 40W de precalentamiento y arranque rápido con bajo factor de potencia igual a 0.55

Para exteriores(cerco) se utilizará lámparas de vapor de mercurio de 125W. de alto factor de potencia de valor 0.90 y se tendrá en cuenta el funcionamiento simultaneo del mínimo número de luminarias que garanticen un funcionamiento óptimo de la instalación. Las siguientes consideraciones se tomarán en cuenta:

- Existirá relativo poco personal trabajando en la instalación, por lo tanto, un mínimo número de ambientes demandarán iluminación.
- El mantenimiento y las reparaciones se harán generalmente en el día.
- Durante las noches toda la iluminación exterior deberá funcionar.

Se dispondrá de una reserva de 1KW. para garantizar cualquier posible ampliación.

De acuerdo a lo anterior se puede establecer la potencia instalada y máxima demanda de alumbrado, que se deducen de la Tabla No. 2.2 y los circuitos en el plano No.IE-06-06; se incluyen el 25% de pérdidas en reactancia para lámparas fluorescentes de 40W. y de 10% de pérdidas en reactancias para lámparas de vapor de mercurio de 125W.

2.3.3 Sistema de tomacorrientes

Para el cálculo de cargas de este sistema, el C.N.E. tomo V-sección 3.3.2.1; considera que la carga mínima para tomacorrientes de uso general no será menor de 180VA por salida para circuitos derivados de 15A. Para nuestro caso se va a dotar de salidas con una potencia máxima de 200W. por tomacorriente para el uso de equipos eléctricos livianos y potátiles para mantenimiento, reparación y limpieza; a excepción de los talleres, donde las cargas están definidas conforme se muestra en la tabla No.2.3 y los circuitos en plano No.IE-06-06. Resumiendo obtenemos los valores de Potencia Instalada, Factor de Demanda y Máxima Demanda total de la cámara de bombeo; cuyos valores se muestran en la tabla No. 2.4.

CARGA	P.I. (KW)	f.d.	M.D. (KW)
CIRCUITO C-2, TABLERO TA			
- Cerco perimetrico			
.5 Lámparas V.M. 125W	0.69	1.00	0.69
Sub Total C-2 (TA)	0.69	1.00	0.69
CIRCUITO C-3, TABLERO TA			
- Sala de máquinas			
.4 Lumi. Fluoresc. 2x40W	0.40	0.50	0.20
Sala de control y mando			
.5 Lumi. Fluoresc. 3x40W	0.75	1.00	0.75
- Sala grupo de emergencia			
.2 Lumi. Fluoresc. 2x40W	0.20	0.50	0.10
- Cuarto de Guardián			
.1 Lumi. Fluoresc. 2x40W	0.10	1.00	0.10
- SS. HH. - Cámara			
.1 Lumi. Fluoresc. 1x40W	0.05	1.00	0.05
Pasadizos-Cámara			
.7 Lumi. Fluoresc. 1x40W	0.35	1.00	0.35
- Reserva	0.50	1.00	0.50
Sub Total C-3 (TA)	2.35	0.87	2.05
CIRCUITO C-1, TABLERO TA1			
- Talleres			
.5 Lumi. Fluoresc. 3x40W	0.75	0.60	0.45
- Almacen			
.4 Lumi. Fluoresc. 2x40W	0.40	0.50	0.20
- SS.HH. - Ingreso			
.1 Lumi. Fluoresc. 1x40W	0.05	1.00	0.05
- Pasadizo de Ingreso			
.3 Lumi. Fluoresc. 1x40W	0.15	1.00	0.15
- Reserva	0.50	1.00	0.50
Sub Total C-1 (TA)	1.85	0.73	1.35
Total Alumbrado	4.89	0.84	4.09

TABLA No.2.2.-CARGAS ELECTRICAS DE ALUMBRADO

CARGA	P.I. (KW)	f.d.	M.D. (KW)
CIRCUITO C-4, TABLERO TA			
- Sala máquinas, control y pasadizo			
.11 Tomac. uso Gral.200W	2.20	0.50	1.10
CIRCUITO C-5, TABLERO TA			
- Sala grupo de emergencia guardian, S.H., pasadizo			
.10 Tomac. uso Gral.200W	2.00	0.50	1.00
CIRCUITO C-2, TABLERO TA-1			
- Taller 1 (mecanica)			
.1 Taladro de Col. 1000W			
.1 Esmeril de banco 500W			
.1 Maq. soldar AC 300A 6KW, ciclo 30%,K=0.55			
.1 Tomac. uso Gral. 200W	7.95	0.55	4.40
CIRCUITO C-3, TABLERO TA-1			
- Taller 2(Electrico)y Alm			
.1 Taladro 500W			
.2 Cautil electrico 250W			
.10Tomac. uso Gral. 200W	3.00	0.58	1.75
Total Tomacorrientes	15.15	0.54	8.25

TABLA No.2.3.-CARGAS ELECTRICAS DE TOMACORRIENTES

CARGA	P.I. (KW)	f.d.	M.D. (KW)
1.- Sistema de Fuerza	227.52	0.81	223.80
2.- Sistema de Alumbrado	4.89	0.84	4.09
3.- Sistema Tomacorrientes	15.15	0.54	8.25
TOTAL GENERAL	297.56	0.79	236.14

TABLA No.2.4.-RESUMEN DE CARGAS ELECTRICAS

CAPITULO 111

CALCULOS JUSTIFICATIVOS Y ELECCION DE COMPONENTES

3.1 Generalidades

En el presente capítulo presentamos el desarrollo de cálculos mecánico y eléctrico que permitirá efectuar el diseño de las diferentes partes del proyecto y podremos elegir los equipos y materiales requeridos para las instalaciones y para lo cual nos basaremos en normas legales y consideraciones técnicas.

3.2 Bases de diseño

Esta constituido por codigos, normas legales, y parámetros preestablecidos para cada sistema:

3.2.1 Bases de diseño mecánico

a) Códigos y Normas

- ITINTEC (Instituto de investigacion tecnologica industrial y de normas técnicas)
- ASA (American Standard Association)
- VDE (Verband Deutscher Elektrotechniker)
- AWWA (American Water Work Association)

b) Parámetros de diseño

- Tasa de crecimiento poblacional: 2.3%/año
- Caudal promedio aguas negras: 240lt/hab/dia
- Velocidad de flujo de aguas · 1.5 a 5.5m/s.
- Peso especifico del agua 1,100Kg/m3.

- Viscosidad cinemática agua : Ver tabla 3.2
- Rugosidad de tuberías : Ver tabla 3.3
- Coeficiente de fricción Tub.: Ver Fig. 3.2
- Coeficiente pérdidas en Acc.: Ver tabla 3.4

3.2.2 Bases de diseño eléctrico

a) Códigos y normas :

- Código Nacional de Electricidad
- Normas del Ministerio de Energía y Minas
- IEC (International Electrotech. Commitee)
- ITINTEC (Instituto de investigacion tecnológica industrial y de normas técnicas)
- VDE (Verband Deutscher Elektrotechniker)
- ASA (American Standart Association)

b) Parámetros de diseño :

- Frecuencia nominal : 60Hz.
- Tensión nominal primaria : 10KV.
- Tensión nominal secundaria : 220V.
- Potencia de cortocircuito : 286MVA.
- Tensión nominal de cortocirc.
de transformador 400KVA : 5%
- Constante térmica del cobre : 0.0058
- Módulo de elasticidad barras
de cobre : $1.25 \times 10^6 \text{Kg/cm}^2$
- Esfuerzo máx. en aisladores · Ver tabla 3.8
- Temperatura promedio terreno: 25°C
- Resistividad térmica terreno: 70°C-cm/w.
- Temperatura máxima en Conduc-

tores de cobre	: 80°C.
-Caida de tensión máxima	: 4%
-Resistencia puesta a tierra máxima	: 10 Ohm.
-Niveles de iluminacón	:Ver tabla 3.22
-Flujo luminoso	:Dado por Fabr.

3.3 Diseño del sistema mecánico

En esta parte efectuaremos los cálculos justificativos y eligiremos los equipos y materiales mecánicos constituidos por: electrobombas, válvulas, tuberías, y accesorios. Como punto de partida, ha sido necesario la evaluación del caudal, a partir de lo cual se inicia los cálculos del presente proyecto.

3.3.1 Determinación del nuevo caudal

Según los datos de población y caudal que se muestran en la tabla N°3.1, se tiene que a la fecha (1994); las aguas residuales alcanzan un flujo promedio de 230 lt/s y un flujo máximo de 306lt/s, con una proyección promedio de 405lt/s dentro de 25 años, este volumen se incrementará en caso de lluvias hasta un máximo de 540 lt/s (0.54 m³/s). En la tabla N°3.1 se indican datos de población hasta el año 1992, proporcionados por el Municipio de Tumbes, con una tasa de crecimiento promedio anual de 2.3% y caudales de evacuación máximo y mínimo de la cámara de bombeo hasta el año de 1,992 proporcionados por

SEDATUMBES. Los datos proyectados de población se calculan en base a la tasa de crecimiento y los flujos en base a datos de evacuación de aguas negras, tal como:

$$Q_{\max} = 320 \text{ lt/hab/día,}$$

$$Q_{\min} = 160 \text{ lt/hab/día,}$$

$$Q_{\text{med}} = 240 \text{ lt/hab/día.}$$

El caudal de diseño se calcula con un factor de seguridad 1.1 del caudal máximo, tal como:

$$Q_d = 1.1 \times 540 \text{ lt/s} = 594 \text{ lt/s.}$$

Normalizando el diseño de la cámara de bombeo, se ha previsto para 600 lt/s.; dentro de 25 años.

La llegada a la cámara es mediante una tubería matriz de 14"Ø.

La capacidad de la cámara, zona húmeda, se ha calculado para un almacenamiento neto de 156 m³. lo cual para un flujo máximo de 0.54 m³/s, representará un tiempo mínimo de almacenamiento de:

$$t_1 = \frac{V_1}{Q_1} = \frac{156 \text{ m}^3}{0.54 \text{ m}^3/\text{s} \times 60 \text{ s/min}}$$

$$t_1 = 4.81 \text{ min.}$$

Donde:

V₁ : Volumen en la cámara húmeda.

Q₁ : Caudal máximo de ingreso.

La capacidad máxima de bombeo es de 600 lt/s. y que corresponde a dos electrobombas.

AÑO	POBLACION	MAXIMA		MINIMA		PROMEDIO	
		M3/Hr.	Lt/s.	M3/Hr.	Lt/s.	M3/Hr.	Lt/s.
1,955	34,400	115	31.94	43	11.94	79	21.94
1,960	34,900	144	40.00	40	11.11	92	25.56
1,965	36,400	169	46.94	50	13.89	110	30.42
1,970	43,000	202	56.11	58	16.11	130	36.11
1,975	44,800	230	63.89	72	20.00	151	41.94
1,980	46,700	259	71.94	68	18.89	164	45.42
1,985	68,000	904	251.11	360	100.00	632	175.56
1,986	69,500	947	263.06	396	110.00	672	186.53
1,987	71,160	979	271.94	392	108.89	686	190.42
1,988	72,200	1,000	277.78	500	138.89	750	208.33
1,989	73,861	985	273.56	492	136.78	739	205.17
1,990	75,559	1,007	279.85	504	139.92	756	209.89
1,991	77,297	1,031	286.29	515	143.14	773	214.71
1,992	79,075	1,054	292.87	527	146.44	791	219.65
1,993	80,894	1,079	299.61	539	149.80	809	224.71
1,994	82,754	1,103	306.50	552	153.25	828	229.87
1,995	84,658	1,129	313.55	564	156.77	847	235.16
2,000	94,817	1,264	351.17	632	175.59	948	263.38
2,005	106,195	1,416	393.31	708	196.66	1,062	294.99
2,010	118,938	1,586	440.51	793	220.26	1,189	330.38
2,015	133,211	1,776	493.37	888	246.69	1,332	370.03
2,016	136,274	1,817	504.72	908	252.36	1,363	378.54
2,017	139,409	1,859	516.33	929	258.16	1,394	387.25
2,018	142,615	1,902	528.20	951	264.10	1,426	396.15
2,019	145,895	1,945	540.35	973	270.18	1,459	405.26
2,020	149,251	1,990	552.78	995	276.39	1,493	414.59
2,021	152,684	2,036	565.49	1,018	282.75	1,527	424.12
2,022	156,195	2,083	578.50	1,041	289.25	1,562	433.86
2,023	159,788	2,131	591.81	1,065	295.90	1,598	443.86
2,024	163,463	2,180	605.42	1,090	302.71	1,635	454.06

NOTA.- a) De 1,955 a 1,992 los datos de poblacion han sido proporcionados por el Municipio de Tumbes y los datos de caudal por Sedatumbes.
b) De 1,993 a 2,024 los datos son proyectados

TABLA No. 3.1.- VOLUMENES DE AGUAS PLUVIALES Y RESIDUALES EN LA CIUDAD DE TUMBES POR AÑO.

El volumen de vaciado entre el nivel máximo al nivel mínimo, representa el 85% de llenado; tal como:

$$V2 = 0.85 \times V1$$

$$V2 = 0.85 \times 156 = 132.60 \text{ m}^3$$

Donde:

V2 = volumen neto de bombeo

El tiempo mínimo de vaciado será:

$$t2 = \frac{V2}{Q2} = \frac{132.6 \text{ m}^3}{0.60 \text{ m}^3/\text{s} \times 60 \text{ s}/\text{min.}}$$

Luego :

$$t2 = 3.68 \text{ min.}$$

Por tanto se cumple que el tiempo de vaciado t2 es menor que el tiempo de almacenamiento t1.

3.3.2 Determinación de la altura dinámica total

La altura dinámica expresada en pies o en metros de columnas de agua, es la presión máxima requerida en la bomba y esta en función directa a la altura estática y a las pérdidas a lo largo de la tubería y accesorios. El comportamiento de la presión máxima se da según la siguiente formula:

$$HDT = Hs + hf + ha$$

Donde:

HDT : Altura Dinámica total en metros

Hs : Altura estática o geodésica

hf : Perdidas por fricción en las tuberías

ha : Perdidas locales o en accesorios

a) Altura estática

La altura estática o altura geodésica, es la diferencia de niveles entre el nivel de succión y el nivel de descarga, según la fig 3.1, que se muestra mas adelante, se tiene:

$$H_s = 7.00 \text{ m.}$$

b) Pérdidas por fricción en las tuberías

Las pérdidas por rozamiento o fricción están ocasionadas por el paso de agua a travéz de la tubería, y están en función del tipo de material de la tubería, rugosidad, longitud y diámetro de la misma, y la potencia de la velocidad. Aplicandose el análisis dimensional al movimientos de fluidos en tuberías de sección circular, se encuentra la siguiente expresión para las pérdidas por fricción:

$$h_f = f \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

Donde:

f : Coeficiente de rozamiento(adimensional, función del Número de Reynolds y de la rugosidad relativa).

L · Longitud de la tubería, en metros.

D : Diámetro de la tubería, en metros

V : Velocidad del fluido, en m/s.

g : Aceleración de la gravedad, 9.81 m/s^2 .

b1) Cálculo de diámetro de tubería y velocidad de fluido.

La velocidad del fluido recomendada por la AWWA (American Water Work Association), esta comprendida entre 1.5 a 5.5 m/s ., con un valor promedio de 3.5 m/s . Siendo 300 lt/s la capacidad ampliada de cada bomba, y de 600 lt/s la capacidad máxima de evacuación de la cámara, se tendrá los siguientes caudales:

- Cálculo de diámetro interno y velocidad en la tubería de succión y descarga de cada bomba (tramo AC o BC en Fig.3.1).

Se calcula a partir de:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi V_2}}$$

$$D1 = \sqrt{\frac{4 \times 0.3 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \times 3.5 \text{ m/s}}} = 0.33 \text{ m}$$

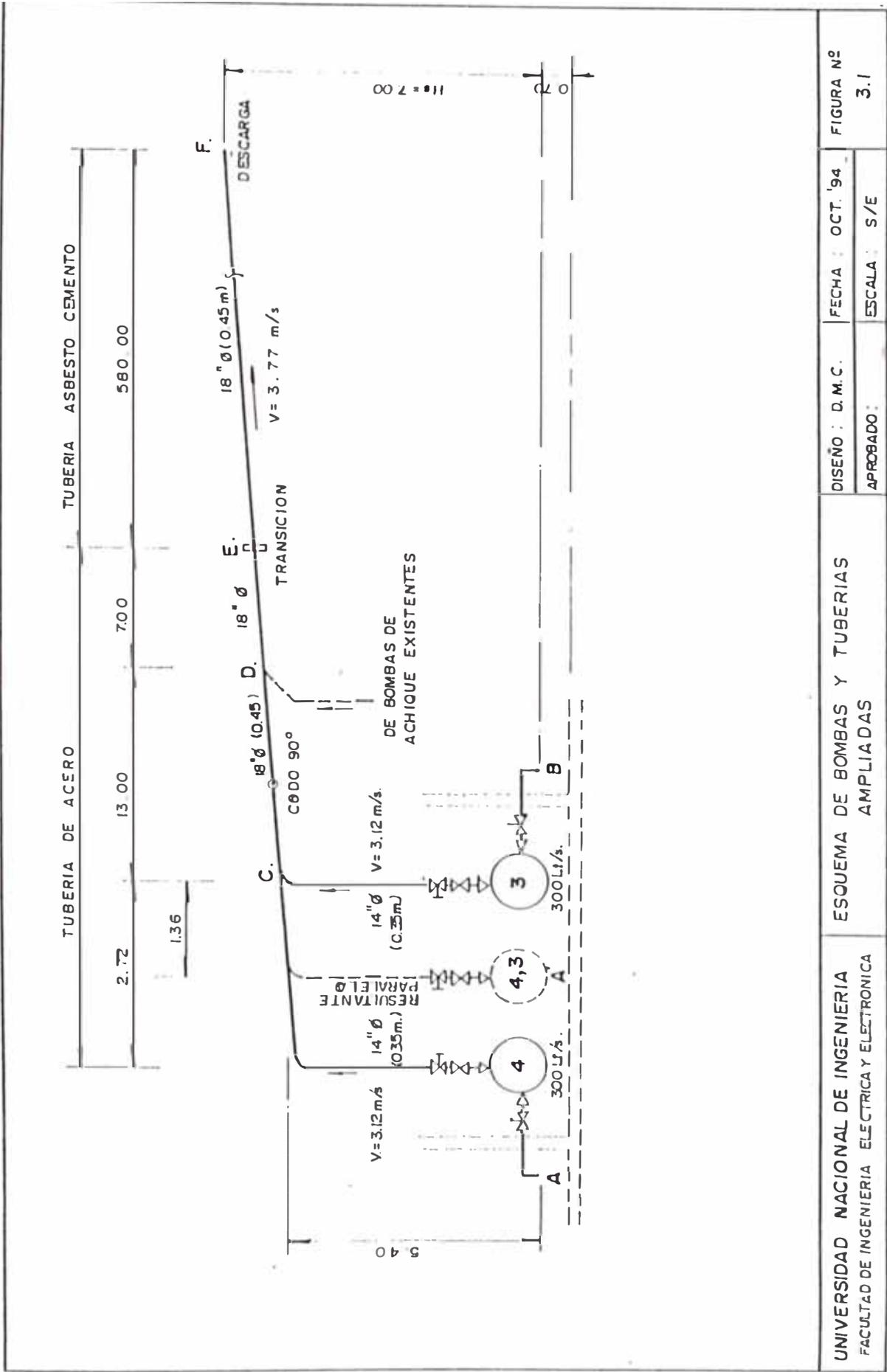
$$D1 = 13.01 \text{ pulg.}$$

Se ha considerado tuberías de acero de diámetro nominal $14''\varnothing$ (0.35 m), con lo que la velocidad en dicha tubería será:

$$V = \frac{4Q}{\pi D^2} = \frac{4 \times 0.3 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \times 0.35^2}$$

$$V1 = 3.12 \text{ m/s}$$

Valor que esta dentro de lo recomendado.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

ESQUEMA DE BOMBAS Y TUBERIAS
AMPLIADAS

DISEÑO : D.M.C.
APROBADO :

FECHA : OCT. '94
ESCALA : S/E

FIGURA N°
3.1

- **Cálculo de diámetro interno y velocidad de la tubería principal (Tramo CF en Fig.3.1)**

Se tendrá en cuenta el funcionamiento de dos bombas de 300 lt/s en paralelo y el funcionamiento de solo una bomba de 300 lt/s.:

. **Funcionamiento en Paralelo de dos bombas**

$$D2 = \sqrt{\frac{4 \times 0.6 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \times 3.5 \text{ m/s}}} = 0.46 \text{ m}$$

$$D2 = 18.11 \text{ pulg.}$$

Se ha considerado la tubería de asbesto-cemento de diámetro nominal 18"ø (0.45 m), con lo que la velocidad máxima en la tubería principal será:

$$V2 = \frac{4 \times 0.6 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \times (0.45 \text{ m})^2}$$

$$V2 = 31.77 \text{ m/s.}$$

Valor que esta dentro de lo recomendado.

. **Funcionamiento de una sola bomba**

Siendo el mismo diámetro de 18"ø (0.45 m), que el caso anterior y para el caudal de 300 lt/s, se verifica que su velocidad esta dada por:

$$V'2 = \frac{4 \times 0.3 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \times (0.45 \text{ m})^2}$$

$$V'2 = 1.89 \text{ m/s}$$

Igualmente este valor esta dentro del

rango recomendado.

b2) Determinación del coeficiente de fricción f

El factor de fricción "f", se determina del diagrama de Moody que se muestra en la figura 3.2. Para hallar el valor del factor de fricción en este diagrama, necesitamos conocer:

- **Número de Reynolds.**- Es un parámetro que tiene en cuenta la velocidad entre fluido que circula y el material de la tubería, el diámetro y la viscosidad cinemática del fluido:

$$Re = \frac{V.D.}{\nu}$$

Donde:

V : velocidad del fluido (m/s)

D : diametro interno de la tuberia (m.)

ν : viscosidad cinemática del fluido(m²/s)

Debido a que el numero de Reynolds depende de la velocidad del fluido, se tendrá en cuenta que la velocidad de este, en el tramo CF (ver fig. 3.1), tendrá dos valores, dependiendo del funcionamiento de una de las dos bombas simultaneamente.

De la figura 3.1, para el tramo AC o BC:

$$D_{AC} - D_{BC} - 0.35 \text{ m.}$$

$$V_{AC} - V_{BC} - 3.12 \text{ m/s.}$$

La viscosidad cinemática del agua a la Temperatura 28°C, según Tabla N°3.2; es de

$$\nu = 8.39 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}.$$

Reemplazando valores:

$$Re_{AC} = Re_{BC} = 1'301,550$$

para el tramo CF de la figura 2.1:

$$D_{CF} = 0.45 \text{ M.}$$

$$V_{CF} = 1.89 \text{ m/s.} \quad (\text{Una bomba})$$

$$V_{CF} = 3.77 \text{ m/s.} \quad (\text{Dos bombas})$$

La viscosidad es la misma para el caso anterior, reemplazando valores se obtiene:

$$Re_{CF} = 1'013,707 \quad (\text{Una bomba})$$

$$Re_{CF} = 2'022,050 \quad (\text{Dos bombas})$$

Temperatura °C	Viscosidad Cinemática ν , m^2/s
10	1.308×10^{-6}
20	1.007×10^{-6}
22	9.60×10^{-7}
24	9.17×10^{-7}
26	8.76×10^{-7}
28	8.39×10^{-7}
30	8.04×10^{-7}
32	7.72×10^{-7}
34	7.41×10^{-7}
36	7.41×10^{-7}
38	6.87×10^{-7}

TABLA No.3.2.-VISCOSIDAD CINEMATICA DEL AGUA

- **Rugosidad relativa.**- Es un parámetro adimensional que se emplea para evaluar el espesor o altura de asperezas, de las tuberías. Se determina por el siguiente coeficiente:

$$\text{Rugosidad relativa} = \frac{e}{D}$$

Donde:

e : altura de las rugosidades de la tubería (valor promedio, dependiendo del tipo de material de la tubería).

D : diámetro interno de la tubería.

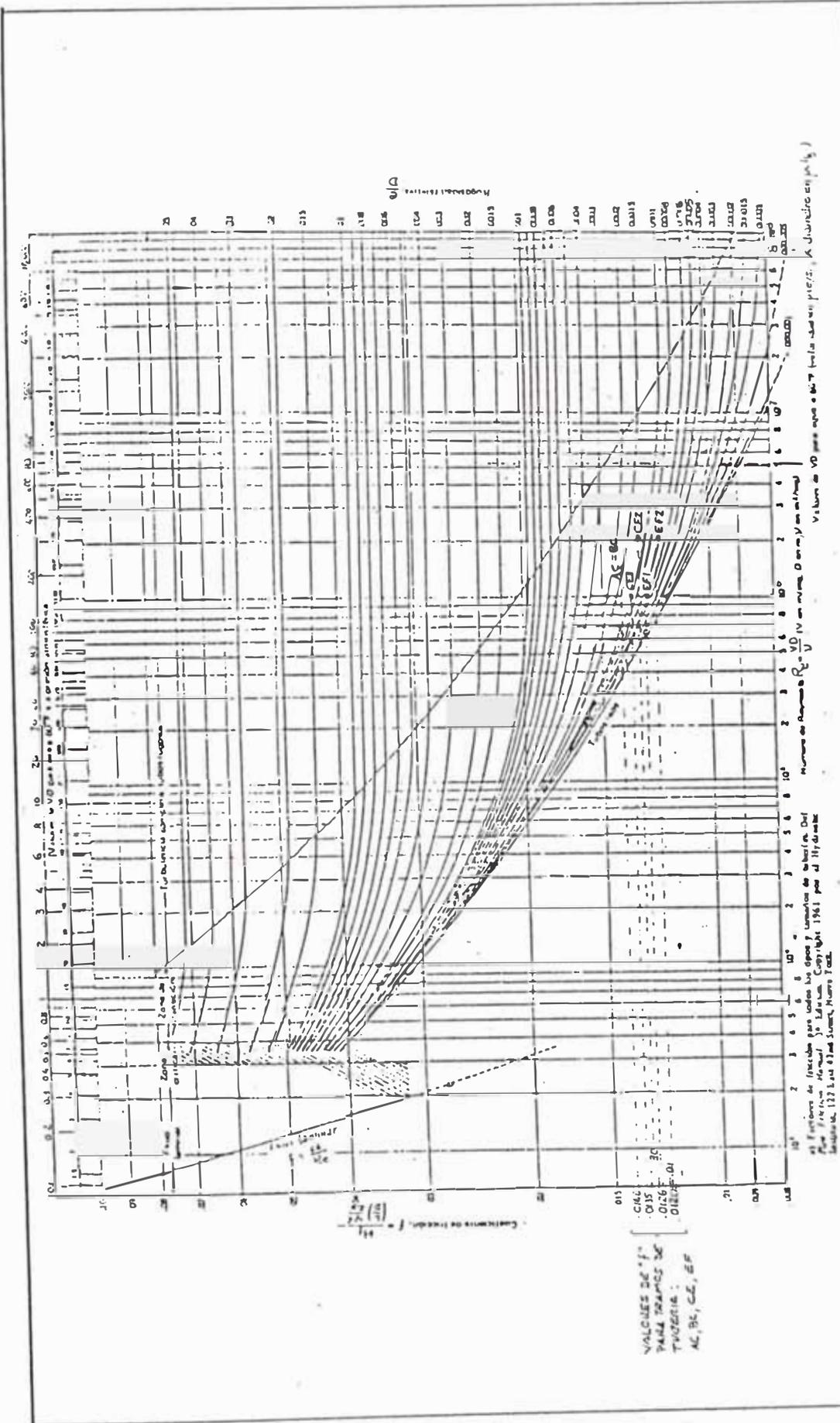
Los valores de rugosidad, según la tabla No. 3.3, son:

e - 0.0005 m. (fierro forjado).

e - 0.000025 m. (asbesto-cemento).

MATERIAL	TUBOS NUEVOS
Acero galvanizado	0.00015 a 0.00020
Acero remachado	0.0010 a 0.0030
Acero revestido	0.0004
Acero soldado	0.00004 a 0.00006
Asbesto-cemento	0.000025
Fierro forjado	0.00004 a 0.00006
Fierro fundido	0.00025 a 0.00050
Concreto bien terminado	0.0003 a 0.0010
Concreto ordinario	0.0010 a 0.0020

TABLA No.3.3.-RUGOSIDAD DE TUBERIAS (Valores de "e" en metros)



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

DIAGRAMA DE MOODY

DISEÑO : D. M. C.
 APROBADO :

FECHA : OCT. '94
 ESCALA : S/E

FIGURA N°
 3.2

Ahora se puede calcular la rugosidad relativa; refiriendonos a la figura 3.1 :

$$\text{Rug.Rel. AC} = \text{BC} = \frac{0.0005\text{m}}{0.35\text{m}} = 0.0001429$$

$$\text{Rug.Rel. CE} = \frac{0.0005\text{m}}{0.45\text{m}} = 0.0001111$$

$$\text{Rug.Rel. EF} = \frac{0.000025\text{m}}{0.45\text{m}} = 0.0000556$$

Con los valores encontrados de numero de reynolds (Re) y la rugosidad relativa (e/D); nos ubicamos en el diagrama de Moody (Fig.3.2), de donde obtenemos los valores de coeficiente de fricción (f), cuyos valores por tramos se muestra en el siguiente resumen de la tabla No.3.4 .

Tramo	No.Bomba	"Re"	"e/D"	"f"
AC	4	1'301,550	0.0001429	0.0140
BC	3	1'301,550	0.0001429	0.0140
CE	4 ó 3	1'013,707	0.0001111	0.0135
EF	4 ó 3	1'013,707	0.0000556	0.0126
CE	4 y 3	2'022,050	0.0001111	0.0130
EF	4 y 3	2'022,055	0.0000556	0.0120

TABLA No.3.4.-COEFICIENTES DE FRICCIÓN DE TUBERIAS

De acuerdo a los datos encontrados de coeficientes de fricción en la tabla N°3.4 procedemos a calcular las pérdidas por fricción en tuberías por tramos; para el caso que se requiera el máximo caudal de 600lt/s. y según la siguiente fórmula:

$$h_f = f \frac{L}{D} \times \frac{V^2}{2g}$$

Los resultados se muestran en la siguiente tabla N° 3.5.

Tramo	Coef.Fric. f	Long.Tub. L(m)	Dia.Tub. D(m)	Vel.Flujo V(m/s)	Per.Fricc h _f
AC	0.0140	8.12	0.35	3.12	0.16
BC	0.0140	5.40	0.35	3.12	0.11
CE	0.0130	20.00	0.45	3.77	0.42
EF	0.0120	580.00	0.45	3.77	11.22

TABLA No.3.5.-PERDIDAS POR FRICCION EN TUBERIAS

Cuando las bombas funcionan simultáneamente en paralelo; se asume que las pérdidas de carga en AC y BC, deben ser iguales; esta igualdad puede ser lograda aumentando ligeramente las pérdidas en tramo BC; regulando las válvulas de compuerta de la bomba No.3; luego las pérdidas por fricción resultará :

$$h_f = h_{fAC} + h_{fCE} + h_{fEF}$$

$$h_f = 11.80m.$$

c) Pérdidas en accesorios

Las pérdidas en accesorios o pérdidas locales, son producidas en cualquier elemento o dispositivo que eleva o produce turbulencia, cambia la dirección, o altera la velocidad del fluido; originando como consecuencia de aquello una pérdida de carga o presión. Del Teorema de Bernoulli se deduce de un modo general que todas las pérdidas en accesorios o locales pueden ser expresadas bajo la forma siguiente:

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

El coeficiente de pérdidas locales "K", se ha obtenido experimentalmente de acuerdo a cada tipo de accesorio y al número de Reynolds es superior a 50,000 (régimen de flujo turbulento), el valor de "K" es constante. La tabla 3.6 presenta los valores de "K" para los accesorios incluidos en nuestro sistema de bombeo.

Las pérdidas en accesorios según muestra la figura 3.1; resultará de la sumatoria de pérdidas por tramos según lo siguiente:

$$h_a = h_{aAC} + h_{aCE} + h_{aEF}$$

Donde :

$$h_{aAC} = h_{aBC} \text{ (los mismos elementos)}$$

ELEMENTO O ACCESORIO	COEFICIENTE DE PERDIDAS "K"
1.- Entrada normal en tubo	K1 - 0.50
2.- Codo 90	K2 - 0.90
3.- Codo 45	K3 - 0.40
4.- Codo 90	K4 - 0.40
5.- Curva 45	K5 - 0.20
6.- Válvula compuerta abierta	K6 = 0.20
7.- Reducción gradual	K7 - 0.15
8.- Válvula de retención (Check)	K8 - 2.50
9.- Controlador de caudal	K9 - 2.50
10.- Te, pasaje directo	K10= 0.60
11.- Salida de tubo	K11= 1.00

TABLA No.3.6.- COEFICIENTE DE PERDIDAS LOCALES

De la tabla 3.6 se tiene

$$K_{AC} = K1 + K2 + K6 + K7 + K7 + K8 + K6 + K4$$

$$K_{CE} = K10 + K4 + K10$$

$$K_{EF} = K11$$

Reemplazando valores; se tiene :

$$K_{AC} = 3.12 \quad , \quad K_{CE} = 1.60 \quad , \quad K_{EF} = 1.00$$

De los datos de velocidad en tabla 3.5 y los resultados de coeficiente de pérdidas locales; obtenemos las pérdidas en accesorios por tramos, tal como:

$$h_{AC} = 2.48m. \quad , \quad h_{CE} = 1.16m. \quad , \quad h_{EF} = 0.73m$$

Luego :

$$\underline{h_a = 4.37m.}$$

Ahora podemos calcular la Altura Dinámica Total (HDT), a partir de :

$$HDT = H_s + h_f + h_a = 7.0 + 11.80 + 4.37$$

$$\underline{HDT = 23.17 m.}$$

Considerando que la densidad media para las aguas residuales y pluviales, es de 1.10 Kg/cm³ la altura real dinámica total será:

$$HDT = 1.10 \times 23.17 = 25.46 \text{ mts.}$$

Para la selección de la bomba tomaremos:

$$\underline{HDT = 26 m.}$$

3.3.3 Cálculo de la potencia de electrobombas de 300lt/s.

La potencia en HP, requerida por un motor para el accionamiento de las bombas está dada

por la siguiente expresión general:

$$P_{eb} = \frac{\tau \times Q \times HDT}{75 \times \eta}$$

Donde:

τ : Peso específico del líquido a ser bombeado, en Kg/m.

Q : Caudal o descarga de la bomba, m³/s

HDT : Altura manométrica, en metros

η : Eficiencia del sistema de bombeo (bomba y motor; $\eta = \eta_b \times \eta_m = 0.85 \times 0.92 = 0.782$)

Según el análisis establecido en la sección 3.2 los datos que se tienen son:

$\tau = 1100$ Kg/m³ (aguas residuales)

$Q = 0.30$ m³/s HDT = 26 m.

$\eta = 0.782$ (obtenidas de curvas de rendimiento de determinado fabricante - fig. N° 3.3)

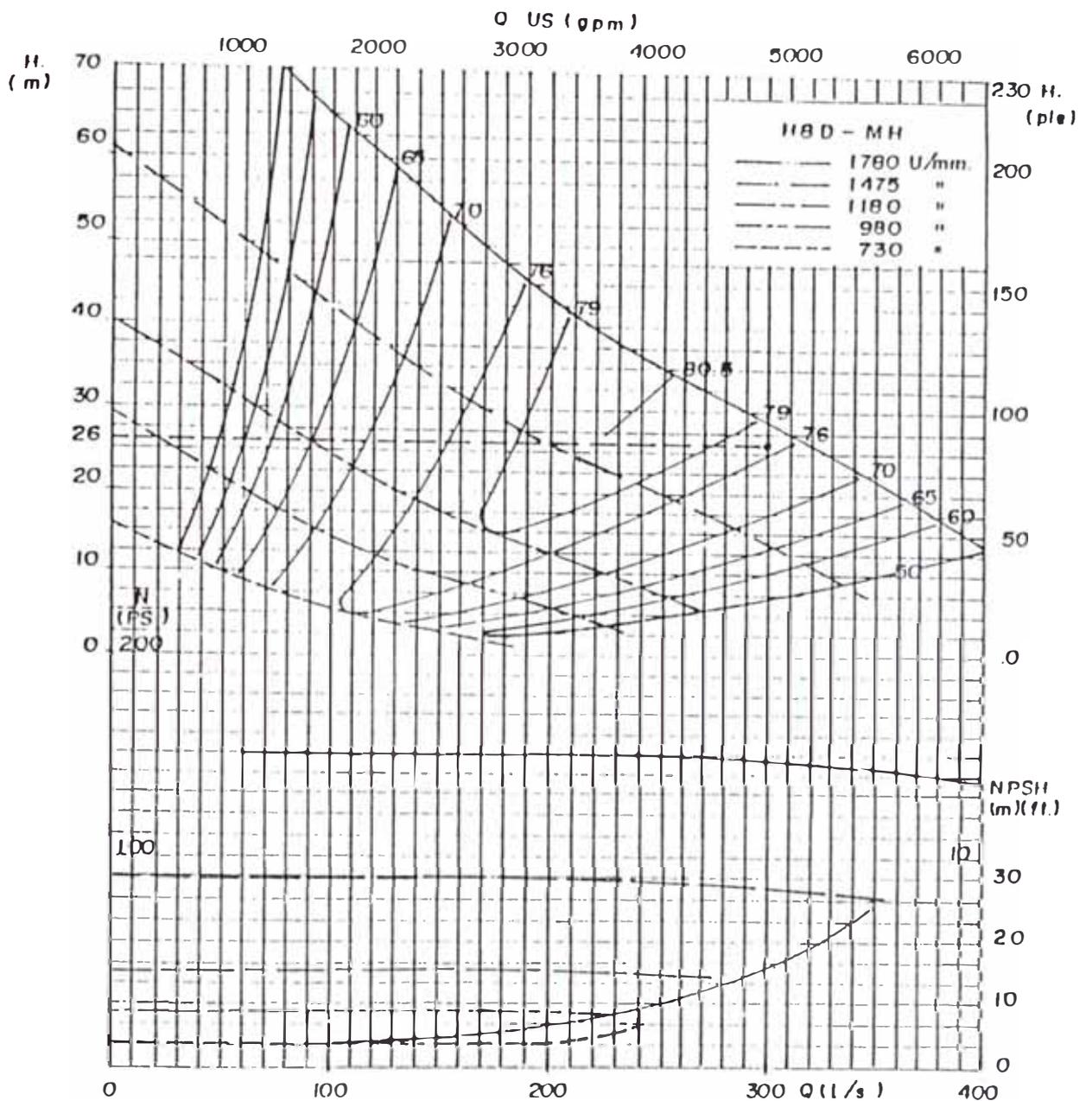
Reemplazando valores, obtenemos la potencia del sistema de bombeo tal como:

$$P_{eb} = 148.57 \text{ HP}$$

Según los motores normalizados, se elige un motor eléctrico trifásico de:

$$P_{eb} = 150 \text{ HP}$$

Este valor de potencia es adecuado ya que satisfecerá la máxima potencia de servicio que se requiere.



PARA EB 300 l/s - 26 m HDT - 1780 U/min RENDIMIENTO = 78.2%

3.3.4 Elección de electrobombas

Las electrobombas serán elegidos teniendo en cuenta los siguientes considerandos:

a) Tipos de bomba:

Las normas y especificaciones del Hydraulic Institute; establecen las siguientes clases de bombas:

- Centrifugas
- Rotativas
- De embolo (de pistón)
- De pozo profundo (tipo turbina)

Lo más recomendado para el bombeo de aguas residuales con sólidos en suspensión son las BOMBAS CENTRIFUGAS con impulsor de tornillo helicoidal; las mismas que presentan un amplio canal abierto desde la succión hasta la descarga, permitiendo una operación de bombeo sin atascamientos.

b) Potencia y eficiencia de las electrobombas:

De acuerdo a los resultados obtenidos en el capítulo anterior; se encontró que la potencia de las dos bombas a ser ampliados son de 146 HP.-1780 RPM, eficiencia 85%, con motor de 150 HP.-1800 RPM y con eficiencia del conjunto de 78.2% conforme se muestra en la figura 3.4, que corresponde a los resultados de ensayo del fabricante, de una

bomba centrífuga de 300 lt/s con una carga total de 26.00 m. y trabajando a 1780 RPM.

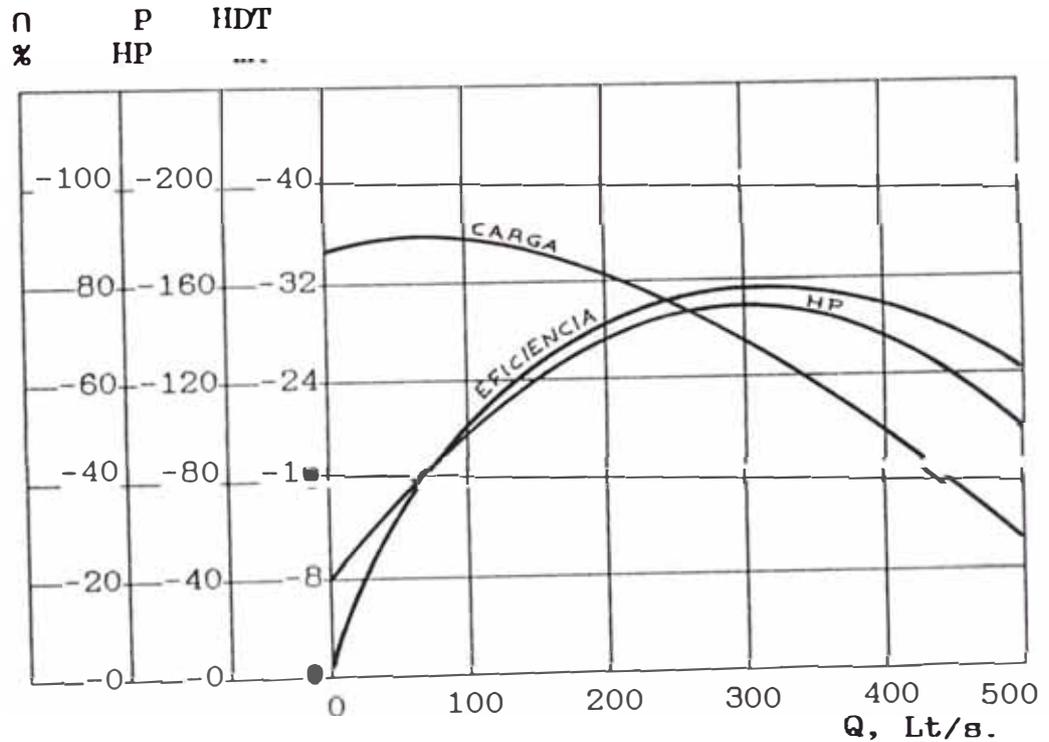


FIGURA No.3.4.-CURVAS CARACTERISTICAS DE BOMBAS CENTRIFUGAS.

El motor eléctrico elegido es de 150 HP.-1800 RPM., Asincronico trifásico de jaula de ardilla, construcción cerrada y con ventilación exterior para una tensión de 220 V. No se elige la tensión de 440V., debido a que se cuenta con la existencia de un Grupo Electrónico de emergencia de 180 KW.-230 V, el cual será utilizado y cuyo acondicionamiento estará a cargo de SEDATUMBES.

c) Velocidad específica

La velocidad específica es un dato de gran utilidad en las características de las

bombas, independiente de su tamaño y velocidad con la cuál se elige el tipo de impulsor

En unidades metricas, la velocidad especifica puede ser calculada por la siguiente expresión:

$$n_s = 3.65 \times \frac{\text{RPM} \times \sqrt{Q}}{(\text{HDT})^{3/4}}$$

Donde:

Q : Caudal en m³/s. = 0.300

HDT : Altura dinámica total en m. = 26.00

RPM : Velocidad angular en RPM = 1,780

Reemplazando valores; $n_s = 309.06$

El rendimiento es muy bajo para bombas con velocidad especifica inferior a $n_s = 90$, que corresponden a bombas estáticas.

Las bombas radiales son satisfactorias para valores n_s comprendidos entre 90 y 300.

Las bombas con impulsores helicoidales se aplican con eficiencia para valores n_s entre 30 y 800. Por encima de este valor, se encuentra el campo de aplicación de las bombas axiales.

Para nuestro caso de $n_s = 309.06$; corresponde a las bombas con impulsores helicoidales, lo cual es el tipo de bomba elegido.

d) N.P.S.H. (Net Positive Suction Head)

Con el objeto de tener en cuenta la pre-

sión del vapor, los fabricantes proveen para cada tipo de bomba, no la altura de succión; si no una cantidad de NPSH.

La presión del vapor tiene gran influencia sobre las condiciones de Cavitación y la Viscosidad; que modifica el caudal, la carga total y la eficiencia de la bomba.

Para nuestro caso el fabricante HIDROSTAL nos da el NPSH = 3m, que indica que la bomba debe ser instalado por debajo del nivel del líquido a ser impulsado, quedando automáticamente cebada con la válvula de purga abierta, lo cual permite que la bomba opere con efectividad en el impulso de aguas residuales con sólidos en suspensión.

Por tanto las bombas proyectadas quedan elegido con las siguientes características:

- Tipo : Bomba Centrifuga con Impulsor Helicoidal
- Caudal : 300 lt/s.
- H.D.T. : 26 m.
- Eficiencia : 78.2 %
- Potencia absorbida : 148 HP
- Motor recomendado : 150 HP (Arranque A-Y)
- Velocidad del motor : 1,800 RPM.

Las características de las bombas de achique por ser existentes, se darán dentro

de las especificaciones técnicas del capítulo IV.

3.3.5 Elección de válvulas

Las dimensiones y elección de la válvulas, se dan en función del caudal que circula en la tubería, presión interna y diámetros comerciales de las válvulas. Sin embargo se han verificado las válvulas en la instalación existente, las mismas que se encuentran en buen estado y que se instalarán en la rehabilitación; estas están conformados por las válvulas tipo Compuerta y las de Retención.

a) Válvulas tipo compuerta

Deberán utilizarse dos válvulas de este tipo para cada bomba; una en la tubería de succión y otra en la de impulsión. En la tubería de succión se instalan para bombas por debajo del nivel líquido, donde las bombas quedarán ahogadas; es decir autocebada y por tanto, no es necesario el uso de válvulas de Pie. En la tubería de impulsión se instala con la finalidad de controlar el caudal del líquido.

Las válvulas existentes para las bombas grandes son de 150 PSI-modelos 350-MD 1639 y 350-MD10 para la tubería de succión e impulsión respectivamente de marca VAG - Alemana;

para bombas chicas son válvulas de 125 PSI.

b) Válvulas de retención o "Check Valve"

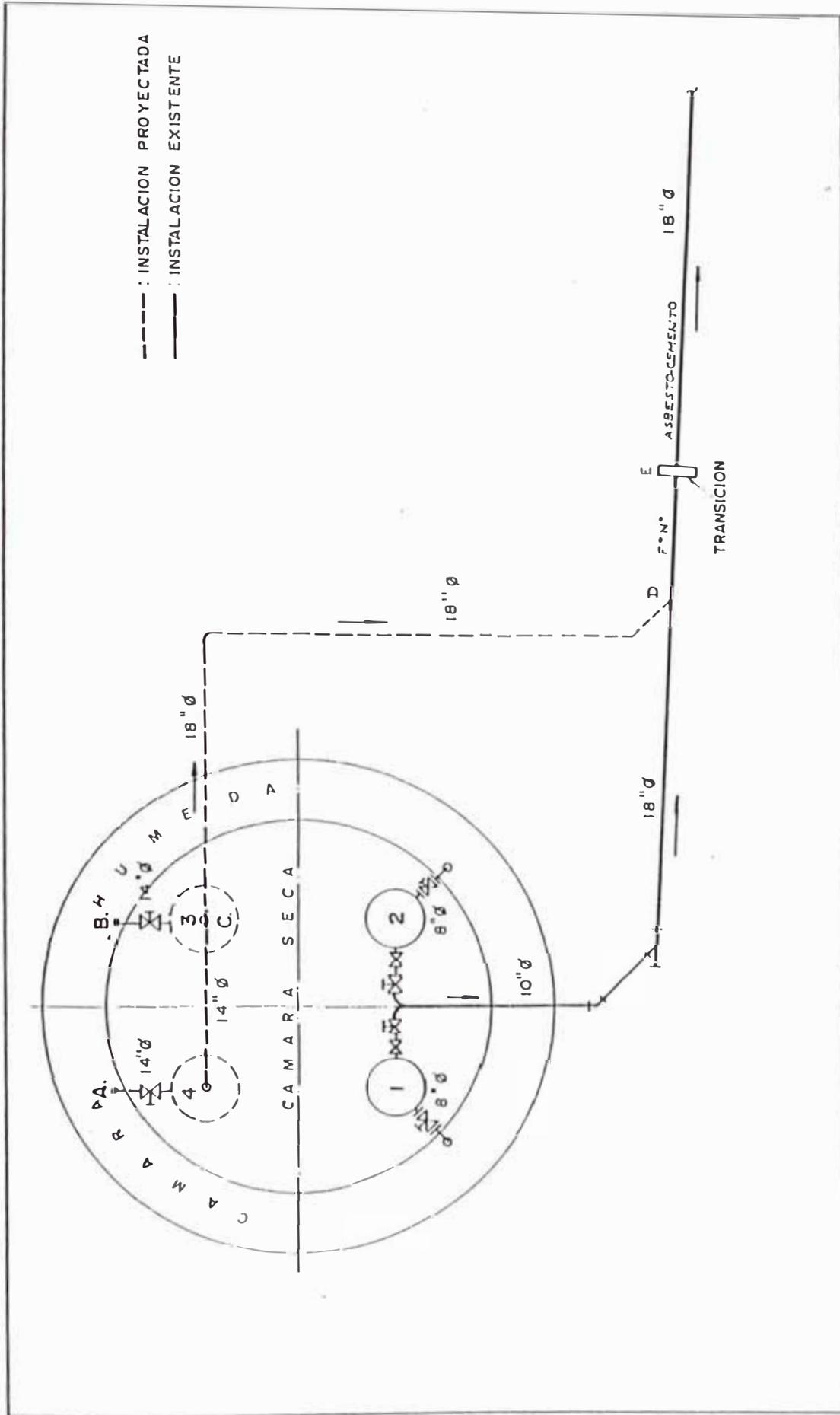
Se utilizarán con la finalidad de evitar el retorno del líquido a través de las bombas, que causaría el funcionamiento con turbina, girando en sentido contrario u ocasionar el choque y la compresión del fluido que comprometerá a la bomba, lo cual da origen a una onda de sobrepresión o comunmente llamado "Golpe de Ariete".

Por tanto las válvulas check están elegidos de acuerdo a cálculos de golpe de ariete y para cierre de buena calidad son de 150 PSI de presión.

No se requerirá el uso de válvulas de pie, ya que el sistema de bombeo esta autocebado, igualmente no es necesario el uso de rejillas ya que la misma existen en el buzón de ingreso a la cámara, conforme muestra los planos.

3.3.6 Elección de tuberías y accesorios

En el capítulo anterior se ha calculado el diámetro de tuberías a utilizar en la nueva instalación, mediante una formulación práctica. La figura 3.5 es el resultado de los cálculos anteriores; donde se muestra la parte nueva que corresponde a la ampliación y la existente que corresponde a la rehabilitación.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA	ESQUEMA GENERAL DE INSTALACION EXISTENTES Y PROYECTADAS		DISEÑO: D.M.C.	FECHA: OCT.'94	FIGURA Nº
			APROBADO:	ESCALA: S/E	3.5

a) Tubería de 8"Ø, 10"Ø, 14"Ø, 18"Ø existentes

Según el plano de instalaciones existentes, se tiene que las tuberías son de fierro negro electrosoldado con costura. Las mismas que se le harán el mantenimiento respectivo, consistente en: limpieza de la tubería, protección con tratamiento de pintura anticorrosiva epóxica y pintura esmalte de acabado. En caso de la tubería asbesto-cemento de 18"Ø se encuentra en buen estado y sólo requerirá de limpieza.

b) Tubería de 18"Ø nuevos

Según los cálculos de la sección 3.3.2, se tiene que la tubería de 18"Ø; reemplazarán a la existente de 14"Ø y deberán ser de primer uso de 3/8" de espesor, de fierro negro electrosoldado, con costura y deberá soportar una presión de trabajo de 150 PSI, estará protegida con tratamiento de pintura anticorrosiva epóxica y dos capas de pintura esmalte de acabado.

3.4 Diseño del sistema eléctrico

En este capítulo se utilizará los resultados obtenidos en el estudio de máxima demanda, con el objeto de determinar las características básicas de los diferentes equipos y materiales a utilizar en las instalaciones que comprenden el presente proyecto.

Los cálculos de los diferentes elementos se realizarán empezando en la subestación; para terminar en los circuitos de distribución de fuerza, tableros de control y alumbrado.

3.4.1 Diseño de subestación

En esta sección efectuaremos los cálculos y elección de los equipos de transformación y protección; consistentes en:

a) Transformador de Tensión.

De acuerdo a estudios de carga realizados en el capítulo II; la máxima demanda total obtenida es de $MD_{tot}=236.14KW$. considerando un 10% de reserva y teniendo un factor de potencia promedio de la instalación $\text{Cos.}\phi = 0.85$, la potencia del transformador sera:

$$N = \frac{1.10 \times MD}{\text{Cos}\phi} \quad (\text{KVA})$$

Reemplazando valores se tiene:

$$N = 305.59 \text{ KVA.}$$

Del CNE IV-tabla 3-X; se elige la potencia nominal del transformador $S=315KVA$. de acuerdo a las normas de fabricación, con la cuál se tendrá una reserva de 13%.

El transformador elegido además tendrá las siguientes características básicas:

- Tensión nominal primaria $V_{np} = 10KV$ con taps de regulación de $100\% \pm 2.5\% \pm 5\%$.

- Tensión nominal secundario V_{ns} - 220V.
- Corriente nominal primaria

$$I_{np} = \frac{18.20 \text{ Amp.}}{\sqrt{3} \times V_{np}}$$

- Corriente nominal secundaria a plena carga

$$I_{ns} = I_{np} \times \frac{V_{np}}{V_{ns}} = 827.27 \text{ Amp.}$$

- Temperatura media del ambiente $T_{amb} = 30^{\circ}\text{C}$
(Para altura de montaje máxima 1000msnm)
- Grupo de conexión : DY5

El neutro irá solidamente a tierra, para mayor protección de todo el sistema eléctrico contra fallas a tierra.

El diseño de la base del transformador; es de concreto armado de 210Kg/cm^2 de resistencia y con grava en el resto del área de la subestación; para contener todo el aceite del transformador, en caso de fuga y evitar así el peligro de incendio.

b) Barramiento y sistema de pórticos

- El sistema de porticos; estará conformado de 4 postes de concreto; 2 de 12/300 y 2 de 8/300 cada biposte unido por crucetas de madera, en las mismas que se montarán los equipos de protección, aisladores y conductores de A.T., conforme se muestra en los planos.

El barramiento en 10KV entre pórticos será con cable de Cu. desnudo de 25mm², sujetos a los aisladores de suspensión; la bajada al primario del transformador será con el mismo cable sujeto con conectores. La alimentación de 10 KV. llegan de la red primaria trifásica existente; mediante tres conductores desnudos, también de 25 mm². de sección.

c) Seccionador fusible

Para protección del transformador contra sobrecorriente; se han elegido seccionadores fusibles tipo Cut Out unipolares, para colocación vertical aereo, para ser operado manualmente. La corriente que conduce es la de plena carga del transformador.

Teniendo como nivel de cortocircuito en Tumbes de valor 286 MVA.; la corriente de cortocircuito correpondiente a la red será:

$$I_{cc} = \frac{S_{cc}}{\sqrt{3} \times V_{np}} = \frac{286 \text{ MVA}}{\sqrt{3} \times 10 \text{ KV}} = 16.53 \text{ KA.}$$

La corriente de choque que corresponde a ésta corriente simétrica, para una distancia la mas corta posible y tiempo de corto circuito máximo admisible t=1.8; será:

$$I_{ch} = 1.8 \times \sqrt{2} \times I_{cc} = 1.8 \times \sqrt{2} \times 16.53 = 42.08 \text{ KA.}$$

De acuerdo a las normas DIN para una

tensión de servicio de 10 KV, la capacidad mínima normalizada para este tipo de seccionador es de 100 A. nominales.

El nivel básico de aislamiento (BIL), según normas IEC-71 y el CNE-IV(Niveles de Aislamiento de Equipos Eléctricos); para potencias menores a 500 KVA, se elige que el Nivel Básico de Aislamiento (Tensión no disruptiva al impulso)"BIL" es de 95 KV. para una onda de 1.2/5.0 us. El seccionador que se utilizará cumplirá con las siguientes características:

Tensión nominal	: 10KV
Tensión máxima	: 12KV
Intensidad nominal	: 100A
Nivel básico de aislamiento	: 95KV
- Tensión de descarga a baja frecuencia	
En seco	: 70KV
Bajo lluvia	: 40KV
Capacidad de interrupción (Icc.sim)	: 18KA
Corriente de choque	: 45KA
Línea de fuga	: 13"

La elección del fusible tipo chicote será de alto poder de ruptura y según norma DIN 42500 asigna una tensión nominal de corto circuito $u_B=5.0\%$ (para $S=315KVA$) y teniendo una corriente nominal $I_n=18.20A$; el fusible

deberá ser no más de 150% de I_{np} (CNE IV-3.5) obteniéndose luego fusibles de 30A, con una capacidad de interrupción de 18KA rms.

d) Pararrayo

Para protección del transformador contra sobretensiones procedentes de fenómenos atmosféricos y de maniobras; se utilizarán pararrayos tipo autoválvula para montaje a la intemperie. El pararrayo elegido deberá tener las siguientes características:

- Tensión nominal : 10KV
- Frecuencia : 60 cls/seg.
- Corriente de descarga con onda
8/20us (Regiones tormentosas): 10KA rms
- Altura de utilización : 6 m.s.n.m.
- Separación entre pararrayos : 340 mm
(CNE IV-tabla 3-XIV)
- Clase de aterramiento : Clase B

e) Aisladores

Los aisladores de suspensión y tipo PIN, deben soportar adecuadamente las cargas máximas transversales ocasionadas por la acción del viento sobre el conductor y aislador, las cargas verticales por acción del peso del conductor y tomando en cuenta las condiciones atmosféricas.

- Los aisladores tipo PIN deben soportar el

tiro longitudinal ocasionado por la rotura de un conductor adyacente, sin exceder el 40% de su carga de rotura.

- La tensión disruptiva bajo lluvia a la frecuencia de servicio no deberá ser menor a:

$$V_d = 2.1 \times (V_{np} + 5) = 31.5 \text{ KV.}$$

La tensión disruptiva en seco de los aisladores serán diseñados de tal forma que no sea mayor que el 75% de su tensión de perforación a la frecuencia de servicio. Las características se darán dentro del capítulo IV.

f) Cables

Serán similares a los que llegan de la red; es decir cables de cobre desnudo 25mm².

3.4.2 Equipos de medición en 10 KV.

Los equipos de medición se instalarán a la entrada de la subestación, en zona accesible al Consecionario; con la finalidad de tener información de la energía eléctrica que realmente absorberá el sistema y que consistirá de los siguientes equipos :

- a) Contador de energía activa KWH
- b) Contador de energía reactiva KVAR
- c) Transformadores de tensión para medida
- d) Transformadores de corriente para medida
- e) Fusibles y bases portafusibles

Las características de los equipos de medición se dan en el Capítulo IV.

3.4.3 Diseño de tablero general de distribución

El tablero general estará dividido en cuatro paneles, conforme se muestra en el plano No. IE-01-06 tales como:

- Panel No. 1 : Celda de llegada en 220V.
- Panel No. 2 : Cuadro de arranque de electrobombas No.1 de 36HP y No.3 de 150HP
- Panel No. 3 : Cuadro de arranque de electrobombas No.2 de 36HP y No.4 de 150HP.

Panel No. 4 : Panel de transferencia Red-Grupo Electrónico de Emergencia y circuitos derivados a tableros de alumbrado y tomacorriente.

Antes de efectuar los cálculos de cada panel, procedemos a calcular y elegir la barra principal del tablero y sus aisladores de apoyo

a) Cálculo de Barra Principal 220V.

Las barras del tablero deberán estar diseñado para que en condiciones normales conduzcan un 25% más de la corriente nominal en baja tensión, luego la corriente de diseño de la barra resultará:

$$I_{db} = 1.25 \times I_{ns} = 1.25 \times 827.27A.$$

$$I_{db} = 1034 A.$$

Para dicho amperaje utilizaremos la tabla

No 3.7 correspondiente a barras de cobre rectangulares para instalación interior en corriente alterna a 60Hz.(norma DIN 43671), de donde elegimos por amperaje; barras de cobre electrolítico pintado de 80x5 mm, con disposición de las tres fases según la figura No. 3.6.

axb (mm)	SECCION (mm ²)	PESO (Kg/m)	INTENSIDAD(Amp)		MOD.RESIS.(cm ³)	
			DESNUDO	PINTADO	W _x	W _y
25x5 30x5	125 150	1.11 1.34	350 400	385 450	0.521 0.750	0.104 0.125
40x5 40x10	200 400	1.78 3.56	520 750	600 835	1.333 2.666	0.166 0.666
50x5 50x10	250 500	2.23 4.45	630 920	700 1025	2.080 4.160	0.208 0.833
60x5 60x10	300 600	2.66 5.34	750 1100	825 1200	3.000 6.000	0.250 1.000
80x5 <u>80x10</u>	400 800	3.56 7.12	950 1400	1060 1540	5.333 10.660	0.333 1.333
100x5 100x10	500 1000	4.45 8.90	1100 1700	1310 1880	8.333 16.660	0.417 1.666

TABLA No.3.7.- BARRAS DE COBRE RECTANGULARES

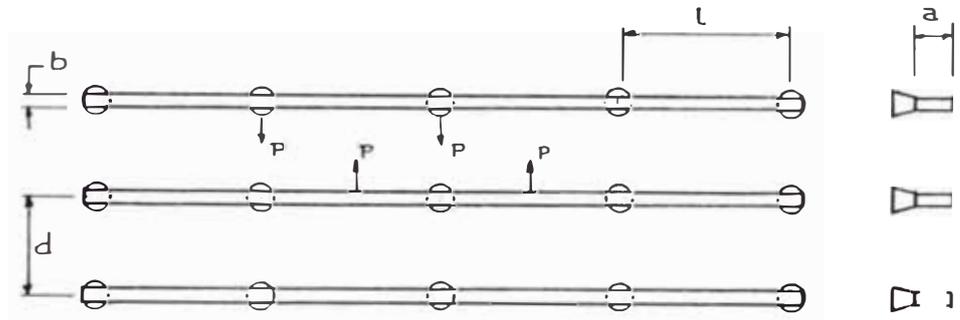


FIGURA N° 3.6.- DISPOSICION DE BARRAS

a1) Cálculo de Corriente de Cortocircuito I_{cc} .

Una forma fácil de calcular la I_{cc} es a partir de la tensión de cortocircuito porcentual " v_{cc} " del transformador; que para nuestro caso de 315 KVA, $v_{cc}=5\%$. Luego despreciamos la impedancia de la línea por ser tramo corto y aplicando la siguiente fórmula para el cálculo de la corriente de corto circuito, resulta:

$$I_{CCMAX} = \frac{I_{ns}}{v_{cc}} \times 100 = \frac{827.27}{5} \times 100$$

$$\underline{I_{CCMAX.} = 16.55 \text{ KA.}}$$

Considerando el caso más desfavorable para impedancia cero, encontramos que la corriente será máximo, lo mismo que se denomina corriente de choque " I_{ch} ", luego se tiene:

$$I_{ch} = K \times \sqrt{2} \times I_{cc}$$

Donde "K" es el factor de impulso igual a 1.8 para caso de aperturas instantaneas del seccionador, luego:

$$I_{ch} = 42.13 \text{ KA.}$$

a2) Cálculo de la barra por esfuerzos electro-dinámicos

- El esfuerzo máximo que deben soportar las barras se presentan durante el corto circuito y se debe a la corriente de choque I_{ch} ., éste esfuerzo es de:

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

Donde "d" es la distancia entre barras contiguos en cm. Si escogemos como fondo de celda 60 cm, tomando en cuenta que la distancia mínima entre el fondo del gabinete y las barras aisladas es de 20cm. (CNE V-4.10), luego $d = 10\text{cm}$. Por tanto :

$$P = 362.09 \text{ Kg/m.}$$

- La fuerza que se produce en las barra durante maniobras (cortocircuito máximo) es:

$$F = P \times l \quad (\text{Kg})$$

Donde "l" es la distancia entre apoyos de una misma barra en cm. Si escogemos como ancho de celda 0.70 m, luego:

$$F = 353.46 \text{ Kg.}$$

En la figura 3.7 se muestra la deformación por efecto de fuerza resultante.

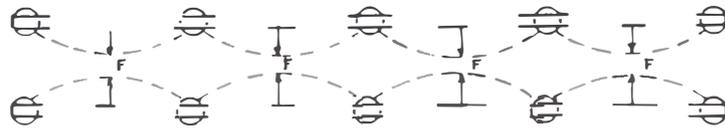


FIGURA N° 3.7.- EFECTO DE FUERZA RESULTANTE EN LAS BARRAS.

- El momento flector aplicado sobre este tramo de barra, considerado como una viga empotrada en sus extremos y con cargas uniformemente repartida es:

$$M_f = \frac{F \times l}{16} \quad (\text{Kg-cm})$$

Reemplazando valores resulta:

$$M_f = 1.108.09 \text{ Kg-cm.}$$

- El esfuerzo cortante sobre esta barra está dado por:

$$W_c = \frac{M_f}{K_b}$$

Donde "Kb" es el esfuerzo de rotura del cobre variable entre 1000 y 1200 Kg/cm². Escogiendo Kb = 1100 Kg/cm²; luego Wc resulta:

$$W_c = 1.008 \text{ cm}^3.$$

- El esfuerzo resistente será:

$$W_r = \frac{a \times b^2}{\text{-----}}$$

Donde : $a = 8\text{cm.}$, $b = 0.5\text{cm.}$

Reemplazando valores resulta:

$$W_r = 0.333 \text{ cm}^3.$$

Se debe cumplir que el esfuerzo cortante "Wc", debe ser menor que el esfuerzo resistente "Wr". De acuerdo a los valores encontrados; se deduce que Wc es mayor que Wr, por tanto no está de acuerdo a nuestra previsión.

Si elegimos barra de 80x10mm. ($a=8\text{cm}$ y $b=1\text{cm}$) separados 10 cm., con apoyos a cada 70 cm; el esfuerzo resistente resultará :

$$W'_r = 1.333 \text{ cm}^3.$$

Se observa que Wc es menor que W'r, por tanto las barras de cobre del tablero quedarán elegidos como 80x10mm.

a3) Cálculo de la barra por efectos térmicos.

El calentamiento que se produce en las barras cuando circula la corriente de cortocircuito es un proceso de corta duración, cuyo valor de sobret temperatura "T" esta dado por:

$$T - 100 = \frac{I_{cc}^2 (t + At)}{S^2}$$

Donde:

T : Sobrelevación de temperatura en °C

K : Constantes térmica del Cu. = 0.0058

S : Sección de la barra = 8cm²

Icc: Corriente de cortocircuito permanente - 16.55 KA

t · Tiempo de apertura de la falla cuyo valor máximo asumido es= 5 seg

At : Incremento del tiempo que depende de la corriente de cortocircuito inicial "Ich"; de la corriente permanente "Icc" y del alejamiento del punto de falla con respecto a la generación T.

$$At - (Ich/Icc)^2 \times T$$

Donde T - 0.6 para máquinas grandes
- 0.1 para máquinas livianas

Asumiendo T = 0.2 y reemplazando valores con el valor de Ich - 42.13KA. se tiene :

$$\underline{At = 1.3 \text{ Seg.}}$$

Luego la sobret temperatura estará dado por el siguiente valor:

$$\underline{T = 15.64 \text{ } ^\circ\text{C.}}$$

Asumiendo que la temperatura de funcionamiento al conducir la corriente nominal es de 75 °C, entonces al ocurrir el cortocircuito la temperatura final "Tf" sera:

$$Tf - 75 \text{ } ^\circ\text{C} + T$$

$$Tf - 90.64 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Según normas VDE, la temperatura máxima que puede soportar las barras de cobre es de

200 °C; por tanto el valor encontrado de "Tf" cumple con dicha norma.

a4) Cálculo de la barra por efecto de la resonancia.

A fin de evitar el quebramiento de las barras, la frecuencia natural de oscilación esta dado por la siguiente formula:

$$F_n = \frac{112}{L^2} \times \sqrt{\frac{E \times J}{G}} \quad (\text{Hz.})$$

Donde:

E : módulo de elasticidad de la barra =
1.25 x 10⁸ Kg/cm² para el cobre

J : Momento de inercia en la barra (cm⁴)

$$J = \frac{a \times b^3}{12} = \frac{8 \times 1^3}{12} = 0.67 \text{ cm}^4$$

G : Peso de la barra = 0.0712 Kg/cm

L · long. de la barra entre apoyos =70 cm.

Reemplazando valores se tiene:

$$F_n = 78.39 \text{ ciclos/seg}$$

No habrá problemas de resonancia si el valor $F_n > 60$ Hz, además se encuentra fuera del rango comprendido entre $\pm 10\%$ de 60 y 120 Hz es decir:

$$54 < f < 66 \text{ Hz } \circ$$

$$108 < f < 132 \text{ Hz}$$

Como 78.39Hz está fuera de los rangos indicados, por lo tanto en las barras no

presentarán problemas de resonancia.

a5) Cálculo de la barra de tierra

La estructura del tablero deberán ser puestos a tierra, conectada mediante una barra terminal de sección no menor de 12.5% de la barra colectora principal (CNE V-3.6 y 4.10); que según a2) es de 800mm², luego la barra de P.T. será como mínimo de 100mm² y de tabla 3.7 se elige barra de Cu. de 25x5mm

a6) Cálculo de aisladores portabarras

Se eligen con la resistencia necesaria para soportar el mayor esfuerzo a que pueden ser sometidos en caso de cortocircuito, este esfuerzo es máximo en el momento en que se presenta la corriente de choque; dependiendo también de la separación entre aisladores y la distancia entre barras. En nuestro caso esta fuerza máxima con un factor de seguridad 2.0 que debe soportar el aislador con el valor obtenido en a2), será:

$$F_{\max.} - 2 \times F = 2 \times 353.46$$

$$\underline{F_{\max.} = 706.92 \text{ Kg.}}$$

Los aisladores portabarras de 1 a 30KV, soportan los valores indicados en la tabla N° 3.8, de donde elegimos aisladores portabarra de 1KV máximo, de 750Kg de esfuerzo, de clase B.

NORMA DIN	CLASE	RESISTENCIA EN Kg.
48100	A	375
48101	B	750
48102	C	1250

TABLA No.3.8.-AISLADORES PORTABARRAS

b) PANEL No. 1 Celda de llegada 220V.

En esta parte eligiéremos los elementos de protección contra sobreintensidad y elementos de medición de energía procedentes de la red; consistentes en :

b1) Protección y seccionamiento.

En la sección 3.4.1 se calculó que la corriente nominal en el secundario del transformador es $I_{ns}=827.27A$, con una corriente de cortocircuito máxima admisible $I_{ch}=42KA$; luego de la tabla No. 3.9 elegimos un interruptor termomagnético trifásico de 1000A 240V, con capacidad interruptiva de 42KA simétrico.

TIPO	CORRIENTE NOMINAL (A)	CAP. INTERRUPTIVA (KA)			TIEMPO DE APERTURA (ms)
		240V	480V	600V	
TEB	15-150	10			5-10
TED	15-100	18	14	10	10-15
TFJ/K	70-225	25	22	22	10-15
TJJ/K4	125-400	42	30	22	10-15
TJK6	250-600	42	30	22	10-20
TKM8	300-800	42	30	22	10-20
TKM12	600-1200	42	30	22	15-20
TPS	600-2000	85	65	50	15-20
VALORES NORMALIZADOS (A): 15, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 300, 350, 400, 500, 600, 700, 800, 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000.					

TABLA No.3.9.-INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO DE TRES POLOS (GE-USA)

b2) Cuadro de medición general.

Para controlar el estado de instalación, es necesario, medir, registrar y evaluar: intensidades, tensiones, potencias, etc. Por tanto será necesario la instalación de los siguientes instrumentos:

- Voltímetro (1).- Indica la tensión en las barras de 0 - 300 V, clase 1.5, de 3 VA de potencia consumida.
- Amperímetro (1).- Indica la intensidad de 0-1000/5A.; según normas VDE será de clase 1.5 y de 2.5 VA de potencia consumida.

- Watimetro (1).- Mide la potencia de 0-300 KW, será de clase 1.5, de 3 VA de consumo.
- Conmutador Voltimétrico.- Selecciona la tensión entre fases a medir (0-RS-ST-TR).
Conmutador Amperimétrico.- Selecciona la fase que se desea verificar la intensidad (fases 0-R-S-T).

Protección del Circuito de Medición.-
Conformado por tres juegos de fusibles DZ 25/4A.

Transformador de Corriente (2).- transforma la corriente, de consumo en corriente medible con relación de transformación de 1500/5A, según normas VDE la clase de presión es N° 1, para un consumo de 30 VA.

c) PANELES Nos. 2 Y 3 : Cuadros de arranque de electrobombas

En ésta parte seleccionaremos los elementos y aparatos para el control y automatismo de funcionamiento de las electrobombas de 300 lt/s (150 HP) y de 56 lt/s (36 HP) en cada panel y estará constituido por los siguientes elementos:

c1) Interruptor termomagnético trifásico (1Un)

Destinados a efectuar la apertura y cierre de los circuitos con o sin carga, para cuya selección se requiere conocer la

corriente nominal y de choque de la siguiente forma:

- **ELECTROBOMBA 150 HP (112 KW)**

$$I_n = \frac{746 \times \text{HP}}{\sqrt{3} \times V \times \text{Cos}\phi}$$

Del C.N.E.; obtenemos, que utilizaremos un motor de inducción tipo Jaula de Ardilla de las siguientes características:

Potencia motor	: 150 HP
Velocidad	: 1800 RPM (4 polos)
Frecuencia	: 60 ciclos/seg
Tensión	: 220/440 voltios
Eficiencia	: 92 %
Cos.ϕ	: 0.86

Reemplazando valores obtenemos:

$$I_{n1} = 341 \text{ Amp.}$$

La corriente de diseño o arranque sera

$$I_{d1} = 1.5 I_{n1}$$

$$I_{d1} = 512 \text{ Amp}$$

Luego de la tabla No.3.9 se elige Interruptor Termomagnético trifásico de 600 A., 42KA-RMS.

- **ELECTROBOMBA DE 36 HP (26.9 KW)**

Tiene la siguiente característica:

Potencia	: 36 HP
Velocidad	: 1800 RPM
Frecuencia	: 60 ciclos/seg

Tensión : 220/380 voltios

Eficiencia : 89 %

Cos.φ : 0.86

Reemplazando valores obtenemos :

$$I_{n2} = 82 \text{ Amp.}$$

$$I_{d2} = 123 \text{ Amp.}$$

De la tabla No.3.9, se elige Interruptor termomagnético trifásico de 150A, 25 KA-RMS para las bombas de 36 HP

c2) Sistema de arranque

Utilizaremos sistemas de arranque a tensión reducida, ya que se trata de motores de gran potencia y que según el Código Nacional de Electricidad, éste sistema está dado para motores mayores a los 10 HP, lo cual es nuestro caso.

No usamos motores de rotor bobinado porque estos funcionan a plena carga y sin reducción de tensión. Si los motores arrancaran a tensión nominal; originarían caídas de tensión considerables, produciendo un mal funcionamiento de los equipos de control, un esfuerzo excesivo o choque en las distintas piezas (piñones, aletas de ventilación, poleas y acoples), igualmente disminuye la intensidad de otras cargas de la misma red. Por tanto un arranque a tensión

nominal producirá los defectos indicados, además el costo por Máxima Demanda puede exceder el costo de los equipos de arranque a tensión reducida.

Los arranques a tensión reducida es aplicable a los motores Asíncronos con rotor en cortocircuito tipo Jaula de Ardilla; la misma que se eligió y cuyos sistemas de arranque seleccionaremos como sigue :

- Arranque por devanados parciales.- Se usa en motores medianos hasta 30 HP, con períodos de conmutación escalonado, con fabricación según pedido.

Arranque estrella-triángulo.- Se usa en motores hasta 200HP; cuando se requiere un par acelerador rápido con un periodo de conmutación corto; normalmente no mas de 30 segundos.

- Arranque por autotransformador.- Se usa para elevada potencia por la suavidad de aceleración y al mismo tiempo lenta.

De lo indicado elegimos el arranque Estrella-Triangulo, cuya utilización además es muy común para motores asincronicos trifásicos con rotor en corto circuito.

Arranque estrella-triangulo

Aplicados a motores que tengan su bobina-

nado con los 6 terminales salientes en la caja de conexión, de modo de poderlas cambiar ya sea en estrella o en triángulo; según se muestra en la figura 3.8; cuyo principio de funcionamiento es de la siguiente forma:

Al iniciar el arranque, las bobinas se conectan en estrella, al cerrar los contactores KM1 y KM2, con KM3 abierto, recibiendo cada bobina una tensión equivalente a la tensión entre las fases divididas por $\sqrt{3}$ (58% V_n) con lo que se obtiene una reducción en la corriente como en el par de arranque. Al ser la reducción de $\sqrt{3}$ en la tensión y $\sqrt{3}$ en la corriente, tendremos como resultado una disminución total de $\sqrt{3} \times \sqrt{3}$ o sea de tres veces el valor de la I_n , equivalente a un 33% del que tendría en arranque directo.

Cuando el motor alcanza entre el 70 y 80% de la velocidad nominal, se desconecta el acoplamiento en estrella para realizar la conmutación a la conexión triángulo (transición cerrada que asegura carga continua) con una corriente pico (2.5 I_n), de muy corta

duración controlado por un relé temporizador KA1, no más de 30 seg; por otro lado el par de arranque "Tarr" pasa de 1.5 veces el par nominal que se tenía en arranque directo a 0.5 veces el nominal, con lo que aumenta la duración del período de arranque.

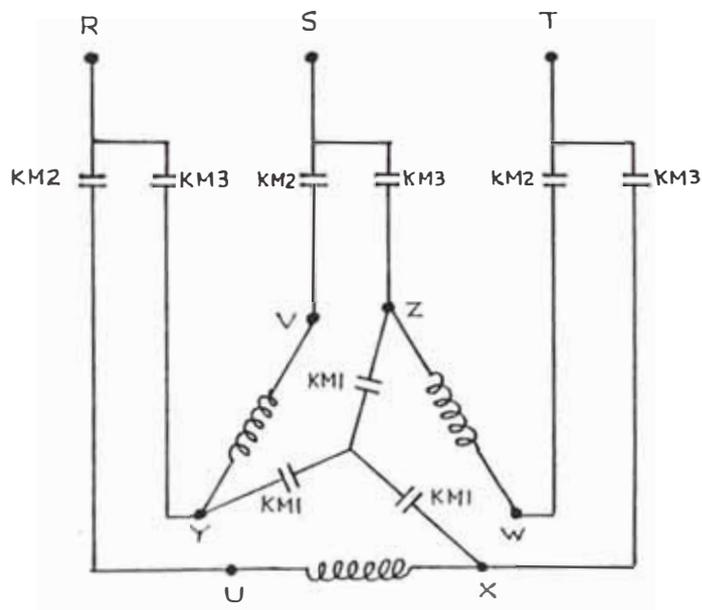


FIGURA N° 3.8.- ARRANQUE ESTRELLA-TRIANGULO

. Al pasar a la conexión triángulo al cerrarse los contactores KM2 y KM3 con KM1 abierto, el motor estará funcionando normalmente donde cada bobina recibe la tensión total entre fases o tensión de línea, con una intensidad reducida a $\frac{1}{\sqrt{3}}$ veces la intensidad nominal I_n (58% I_n).

Es importante recalcar que la conmutación Y-D, debe realizarse tan pronto el motor alcance del 70 al 80% de su valor nominal, por que si se produce demasiado pronto, la intensidad pico puede alcanzar valores muy altos y en caso contrario se podría provocar el paro del motor, con peligro de dañar los devanados. En la práctica sobre el tiempo de conmutación, es preferible regular el temporizador para un tiempo mayor.

El comportamiento del arrancador Y-D indicado, se da en la figura No.3.9, con las capacidades de cada paso conforme se muestra en la tabla No.3.10; donde aparece el rele térmico "F3" que sirve para la protección de sobrecalentamiento o sobreintensidades y regulado para la capacidad indicada.

CONTACTOR	CAP. DE DISEÑO	ARRANQUE (Y)	TRANSICION	FUNCION. (D)
KM1 (Y)	$I_N/3$	X		
KM2 (Nor)	$I_N/\sqrt{3}$	X	X	X
KM3 (D)	$I_N/\sqrt{3}$			X
F3 (Prot)	$I_N/\sqrt{3}$	X	X	X

TABLA No.3.10.-PASOS DE FUNCIONAMIENTO DE ARRANQUE ESTRELLA-TRIANGULO.

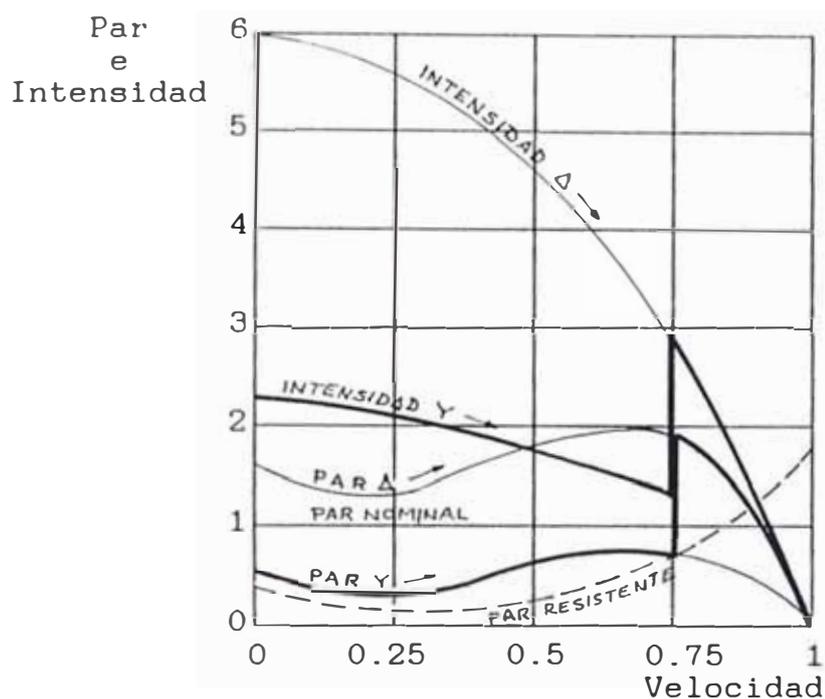


FIGURA N°3.9.-CURVA CARACTERISTICA DEL ARRANQUE ESTRELLA-TRIANGULO

- Cálculo de elementos de control

Teniendo la corriente nominal de las electrobombas, procedemos a calcular los elementos de control según la capacidad de diseño de tabla No.3.10 y se da según el siguiente cuadro 3.11 :

ELEMENTO	BOMBA 150HP-341A	BOMBA 36HP-82A
CONTACTOR KM1 (Y)	114 A	27 A
CONTACTOR KM2 (N)	197 A	47 A
CONTACTOR KM3 (Δ)	197 A	47 A
RELE TERMICO F3	197 A	47 A
RELE TEMPORIZ. KA1	7-30seg	7-30seg

TABLA No.3.11.-CAPACIDADES DE ELEMENTOS DE CONTROL

- **Elección de elementos de control**

Con los valores de la Tabla N°3.11 procedemos a elegir de Tablas No. 3.12, 3.13, 3.14 y 3.15; los elementos de mando y control del sistema de arranque consistentes en:

ARRANCADOR Y-D 150HP, 240V, 3ø, 60Hz.

- . 1u Contactor electromagnetico 3x125A- bobina 220VAC, TE modelo CN1-GC133P.
- . 2u Contactor electromagnetico 3x200A- bobina 220VAC. TE modelo CN1-HC133P.
- . 1u Relé térmico trifásico 125-200A, TE modelo LR1-200.
- . 1u Relé temporizador 0.1-30Seg-bobina 220VAC, TE modelo LA2-D22.
- . 2u Pulsadores de arranque y parada.
- . 2u Portalámpara 220/6.3V de funcionamiento y sobrecarga.
- . 1u Conmutador 12A, 1P, M-O-A.
- . 2u Fusibles de protección DZ25/4A.
- . 1u Relé alternador 125-260A, TE modelo ZC1-GP5 (Solo uno para el sistema)
- . 2u Relé de control de nivel por sondas, bobina 220VAC, AGUT modelo DINIL 02 (solo uno para el sistema).

ARRANCADOR Y-D 36HP, 240V, 3ø, 60Hz.

- . 1u Contactor electromagnetico 3x40A-

INTENSIDAD DE EMPLEO MAXIMO (A)	CONTACTOS AUXILIARES INSTANTANEOS	PODER DE CIERRE EFICAZ (A)	MODELO (TE)
9	NA ó NC	250	LC1-D093M
12	NA ó NC	250	LC1-D123M
16	NA ó NC	320	LC1-D163L
25	NA ó NC	450	LC1-D253L
40	NA + NC	800	LC1-D403P
50	NA + NC	900	LC1-D503P
63	NA + NC	1000	LC1-D633P
80	NA + NC	1100	LC1-D803P
125	NA + NC	1250	CN1-GC133P
200	NA + NC	2000	CN1-HC133P
260	NA + NC	2600	CN1-JC133P
330	NAb	3500	LC1-FJ23M
450	NAb	4500	LC1-FK23M
630	NAb	6300	LC1-FL23M

TABLA No.3.12.-CONTACTORES TRIPOLARES 220V-60Hz

POTENCIA NORMAL (KW)	INTENSIDAD DE EMPLEO (A)	FUSIBLE TIPO aM (A)	MODELO (TE)
3	10-13	16	LR1-D12316
4	13-18	20	LR1-D16321
5.5	18-25	25	LR1-D25322
7.5	23-32	40	LR1-D40353
10	30-40	40	LR1-D40355
11	38-50	63	LR1-D63357
15	48-57	63	LR1-D63359
18.5	57-66	63	LR1-D63361
22	66-80	80	LR1-D80363
30	75-105	100	RA1-GA75105
30	95-125	125	RA1-HA95125
45	100-160	160	LR1-F160
55	125-200	200	LR1-F2008
55	160-250	250	LR1-F250
75	200-315	315	LR1-F315
90	250-400	400	LR1-F400
110	315-500	500	LR1-F500
160	400-630	630	LR1-F630
200	500-800	800	LR1-F800
250	630-1000	1000	LR1-F1000

TABLA No.3.13.-RELES TRIPOLARES DE PROTECCION TERMICA 220V-60Hz.

ESTADO	TIEMPO (Seg.)	MODELO (TE)
TRABAJO	0.1-3	LA2-D20
	0.1-30	LA2-D22
	10.0-180	LA2-D24
REPOSO	0.1-3	LA3-D20
	0.1-30	LA3-D22
	10.0-180	LA3-D24

TABLA No.3.14.-RELE TEMPORIZADO DE UN BLOQUE DE 2 CONTACTOS NA + NC

INTENSIDAD DE EMPLEO (A)	CONTACTOS	MODELO (TE)
125-260	NC + NA	ZC1-GP5
	NA + NA	ZC1-GP6
330-630	2NA + 2NC	LA1-F22
	3NA + 1NC	LA1-F31
	4NA	LA1-F40

TABLA No.3.15.- CONTACTOS AUXILIARES-RELE ALTERNADOR.

bobina 220VAC, TE modelo LC1-D403P.

- . 2u Contactor electromagnetico 3x50A-
bobina 220VAC. TE modelo LC1-D503P.
- 1u Relé térmico trifásico 38-50A, TE
modelo LR1-D63357.
- . 1u Relé temporizador 0.1-30Seg-bobina
220VAC, TE modelo LA2-D22.
- . 2u Pulsadores arranque y parada (on/off)
- . 2u Portalámpara 220/6.3V de funciona-
miento normal y sobrecarga.
- . 1u Conmutador 12A, 1P, M-O-A.
- . 2u Fusibles de protección DZ25/2A.

- Cableado de control

El cableado y conexionado de los equipos de control y medición se efectuará con conductores cableados del tipo THW de 2.5 mm² en general.

- Alarma y control visual

Además de la detección de sobrecorriente de cada electrobomba a través de lámparas de señalización; utilizaremos una alarma sonora de 25 W.-12 VDC. tipo sirena.

En caso el nivel de la cámara húmeda pase el nivel máximo superior ya sea por falta de energía o por falla de los elementos de control; la cámara contará

con un interruptor de nivel del tipo FINAL DE CARRERA, accionado por el relé de control de nivel y alimentado por una fuente de energía de corriente continua (batería de 12 V dc.), la misma accionara a una alarma sonora tipo sirena, hasta ser desconectado por un pulsador de bloqueo en el tablero.

Se contará con un control de nivel visual, conformado por una regleta adosado a la pared con un indicador en un cordel accionado por flotador y contrapeso. Está regleta estará graduada por metros cúbicos; desde el nivel inferior, hasta el nivel superior, resaltando este último para indicar peligro.

c3) Cuadro de medición : Bombas 150 HP y 36 HP.

Será necesario la instalación de los siguientes instrumentos en los paneles 2 y 3 del tablero general :

- Amperímetro (2Un.).- Uno de 0-500A y otro de 0-125A; cada uno de clase 1.5 y de 2.5VA de consumo.
- Conmutador Amperimétrico (2Un.).- Cada uno con selección de amperaje 0-R-S-T.
- Transformador de Corriente (4Un.).- Dos de 500/5A y dos de 125/5A., de 15VA de

consumo, de clase 1.0.

d) PANEL No. 4 : Transferencia Electronorte y grupo electrógeno de emergencia.

En esta parte elegiremos los elementos de transferencia y protección de la red Electronorte a Grupo Emergencia. Siendo el grupo electrógeno de 180KW, esta podrá alimentar a dos electrobombas; uno de 150HP(112KW) y otro de 36HP(27KW), mas circuitos derivados de alumbrado(4KW).

d1) Transferencia

Siendo el grupo electrógeno de 180KW, 230V., $\text{Cos}\phi$ 0.8; se tiene que la corriente nominal es: $I_{ne} = 565\text{A}$.

Para la elección del interruptor de transferencia, tomamos la corriente de diseño tal como:

$$I_{de} = 1.25 \times I_{ne}$$

$$I_{de} = 706\text{A}.$$

Con dicho valor procedemos a elegir los elementos de protección y control, de la tabla No.3.9 se tiene:

- Interruptor termomagnético trifásico 3x800 A. (2Un.), con capacidad interruptiva de 42KA., 240VAC. nominales y 600VAC de aislamiento.
- Enclavamiento mecánico para interruptor de

3x800A.

- Portalámpara y lámpara de funcionamiento de servicio normal y de emergencia (2Un.)
- Fusibles de protección DZ25/2A.(2Un.)

d2) Barras de transferencia

Siendo la corriente de diseño $I_{de} = 706A$; procedemos a elegir la barra de transferencia, que según la tabla No.3.7, será de cobre electrolítico pintado de 60x5mm; con disposición similar a la barra principal, pero solo para los paneles 3 y 4.

d3) Circuitos derivados

Siendo los circuitos de alumbrado y toma-corriente de 12.34KW(43A); será necesario que en el panel No.4 del tablero lleve un interruptor termomagnético de 3x60A y 25KA de capacidad de interrupción; mas dos espacios para circuitos de reserva.

d4) Cuadro de medición

Se proveerá los siguientes instrumentos:

- Voltímetro (1Un.).- de 0-300V., clase 1.5, de 3VA. de consumo.

Amperímetro (1Un.).- de 0-800A., clase 1.5, de 2.5VA de consumo.

- Conmutador Voltimétrico (1Un.).- Con selector entre fases 0-RS-ST-TR.
- Conmutador Amperimétrico(1Un.).- Con

selector de fases O-R-S-T.

- Frecuencímetro(1Un.).- Con rango de 55 a 65 ciclos/seg.
- Fusibles DZ 25/4A.(2Un.).- Para protección del circuito voltimétrico.

Transformador de Corriente (2Un.).- Con relación de transformación 800/5A., con clase de precisión 1.0 y consumo 30 VA.

3.4.4 Diseño de alimentadores principales

Los conductores alimentadores tendrán la suficiente capacidad de corriente para alimentar la carga servida y estará constituida por los alimentadores de la red y del grupo de emergencia. Para la elección del alimentador emplearemos la capacidad de corriente y la caída de tensión máxima permitida por el CNE; 4% para alimentadores.

a) Alimentadores de la red

Constituye la línea de alimentación desde la subestación (transformador de 315KVA), hasta las barras en el panel N°1 en el tablero general, distante a 28.00 m.

El tipo de instalación será subterráneo, con cables de energía del tipo NYY, directamente enterrados. Los cables se seleccionan para una corriente de diseño I_d , que es función de la corriente nominal I_n ,

que depende de la máxima demanda total MD_{tot} calculada en el capítulo II; al cuál se incrementará el 25% de la potencia del motor mas grande por capacidad de arranque. Según el CNE-IV, debe cumplir con las siguientes condiciones:

- Tensión de servicio - 1000V
- Temperatura de operación - 80°C
- Temperatura promedio del terreno a 25°C :K1 = 0.96
- Resistividad térmica del terreno a 80°C-cm/w :K2 = 1.08
- Factor de corrección por agrupamiento de cables de 2 ternas : .K3 = 0.82
- Factor de corrección por profundidad de tendido a 0.60m.K4 = 1.00
- Caída de tensión máxima permisible. AV=4%

Luego la corriente de diseño será :

$$I_d = \frac{I_n}{K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4}$$

Donde :

$$I_n = \frac{MD_{tot} + 25\%P_{eb}}{\sqrt{3} \times V_n \times \cos\phi}$$

$$MD_{tot} = 236.14 \text{KW}$$

$$P_{eb} = 112 \text{KW}$$

$$V_n = 220 \text{ voltios}$$

$$\cos\phi = 0.85$$

Luego

$$I_n = 815.44 \text{ Amp.}$$

Reemplazando valores

$$\underline{I_d = 959.14 \text{ Amp.}}$$

De la tabla No. 3.16 (CNE IV-Tabla 4-VIII), elegimos cable tipo NYY unipolares directamente enterrados y de las siguientes características:

- Calibre · 185 mm².
- Capacidad del cable : 483 Amp.
- Número de Ternas : 2(Cap.total:966A)
- Tensión de Servicio : 1000 voltios
- Temp.máx. de operación: 80°C.

Chequeando el calibre elegido; calculamos la caída de tensión según la siguiente fórmula para sistema trifásico con resistencias despreciables.

$$AV = \frac{\sqrt{3} \times I \times L \times \text{Cos}\phi}{v \times S}$$

Donde:

- I · Corriente aparente = 815.44 A.
- L · Longitud del cable = 28 m.
- Cos ϕ · Factor de potencia = 0.85
- v · Factor de conductividad = 58 (Cu.)
- S · Sección del conductor = 2 x 185 mm²

Reemplazando valores se tiene:

$$\underline{AV = 1.57 \text{ voltios} = 0.71 \%}$$

Valor este que cumple y está dentro de lo permisible.

b) Alimentación del grupo de emergencia

Corresponde la alimentación desde el grupo electrógeno de emergencia de 180KW-230V-565A hasta las barras correspondientes en el tablero general, distante a 5 metros.

Se utilizarán los cables existentes tipo THW de 500mm². de sección, tendidos en canaleta existente en piso de 0.40x0.40 mts.

3.4.5 Diseño de alimentadores de circuitos derivados

Corresponden a los cables de alimentación a las electrobombas y al tablero de alumbrado y tomacorriente desde los paneles Ns.2, 3 y 4 del tablero general de distribución :

a) Alimentador a electrobombas de 150HP(300L/s)

Corresponde al conductor de alimentación a las electrobombas Ns. 3 y 4, desde los cuadros de arranque en los paneles 2 y 3 respectivamente, con una distancia promedio de 18m. El tipo de instalación será en ducto de PVC con cable del tipo THW y seleccionado para una corriente de diseño que según el CNE-V, deberán cumplir con las siguientes condiciones:

- Tensión de servicio : $V_{max.} = 600$ Volt.
- Temperatura de operación = 75°C

- Factor de corrección para temperatura ambiente a 35°C.:K1 = 0.88
- Factor de corrección por agrupamiento de cable en ductos de 4 a 6 conduct.K2 = 0.80
- Factor de corrección por funcionamiento intermitente, para régimen nominal de 10min. según el C.N.E.K3 = 0.9
- Caída de tensión en el conductor..AV =2.5%

La corriente de diseño sera :

$$I_d = \frac{1.25 \times I_f \times K_3}{K_1 \times K_2}$$

El factor 1.25 es para efectos de arranque del motor; de la tabla No.3.11 se tiene que la corriente por fase del motor de 150 HP en funcionamiento normal en conexión "Delta"es

$$I_f = 197A.$$

Luego reemplazando valores :

$$I_d = 315 A.$$

De la tabla No.3.17 (CNE V-Tabla 4-V); elegimos cable tipo THW en numero de 6 conductores entre el arrancador y el motor de las sgts. características .

Calibre	: 185 mm ²
Capacidad del cable	: 320 A.
Tensión de servicio max.	: 600 V.
Temperatura ambiente	: 30°C.

- Temperatura admisible max. : 75°C

La caída de tensión según datos anteriores será :

$$\underline{AV = 0.49 \text{ Voltios} = 0.22 \%}$$

Valor que esta dentro de lo permisible.

De la tabla N° 3.18 (CNE V-Tabla V); se elige ducto PVC-SAP de 90mm para 6 conductores de 185 mm².

b) Alimentador a Electrobombas de 36HP (56lt/s)

Corresponde la alimentación de electrobombas Ns. 1 y 2 desde el cuadro de arranque en los paneles 2 y 3 respectivamente, en número de 6 conductores de 16 mm², tipo THW embutidos en tubería PVC-SAP de 35mm de diametro, las mismas que son existentes y que podrán ser utilizados con un reacondicionamiento.

c) Alimentador al tablero de alumbrado y tomacorrientes "TA" existente

El tipo de instalación será en ducto PVC distante a 10m., con cable tipo TW; diseñado para una máxima demanda calculado en la sección 2.4 y debiendo tomarse en cuenta los siguientes factores:

Tensión máxima de servicio : .. V - 600V

Temperatura máxima en el Conduc.: T = 60°C

- Factor de corrección para temperatura

ambiente de 35°C : ... K1 - 0.88
 - Factor de reserva : K2 - 1.25
 Caída tensión máxima permisible; AV - 2.5%
 La corriente de diseño
 sera:

$$I_d = \frac{I_n}{K_1} \times K_2$$

$$I_n = \frac{MD}{\sqrt{3} \times V_n \times \text{Cos}\phi}$$

Donde · MD = 12.34KW, Vn = 220V, Cosφ = 0.77

$$I_n = 42 \text{ Amp.}$$

Luego : I_d = 60 Amp.

De la tabla NO 3.17, elegimos cable tipo TW de 16 mm², para ser embutidos en tubos PVC-SEL de 25mm. de diametro.

La caída de tensión según datos es AV=0.27%

La alimentación al sub tablero "TA-1" existente, con MD=7.5KW, distante a 30m; será con cable NYY 3-1x6mm². directamente enterrados.

- c1) La distribución de conductores para el alumbrado, tomacorriente interior y sistema de control y alarma, se efectuará con conductores tipo TW de 2.5 mm² de sección en tuberías existente de PVC-SEL de 20mm.∅ empotrado.

c2) La distribución de conductores para el alumbrado exterior en postes, se efectuará con cables de tipo NYY de 3-1x6mm²(Sección mínima para cables subterráneos según CNE-IV) enterrados en piso y alimentan 5 luminarias de V.M.-125W, distanciados a cada 22mts.

SECCION NOMINAL	1 CONDUCTOR		2 CONDUCTORES	3 Y 4 CONDUCTORES
	○ ○ ○	○ ○ ○		
mm ² .	A.	A.	A.	A.
1.5			33	25
2.5			43	34
4			55	44
6			67	56
10			87	75
16	127	107	110	99
25	163	137	140	128
35	195	165	170	155
50	230	195	200	184
70	282	239	250	226
95	336	287	300	272
120	382	326	345	310
150	428	366	385	348
185	483	414	440	394
240	561	481	505	458
300	632	542	570	518
400	730	624	640	591
500	823	698		

TABLA No.3.16.-CAPACIDAD DE CORRIENTE PARA CABLE TIPO NYY-0.6/1KV, DIRECTAMENTE ENTERRADOS.

SECCION mm ² .	TEMP.60°C A.	TEMP.75°C A.	TEMP.90°C A.
0.75	6		
1.00	8		
1.5	10		22
2.5	18	20	27
4	25	27	34
6	35	38	42
10	46	50	60
16	62	75	78
25	80	95	100
35	100	120	125
50	125	145	150
70	150	180	190
95	180	215	225
120	210	245	260
150	240	285	300
185	275	320	330
240	320	375	400
300	355	420	455
400	430	490	530
500	490	580	595

TABLA N^o3.17.-CAPACIDAD DE CORRIENTE PERMI-
SIBLE DE CONDUCTORES TIPO THW
Y TW.(En ducto maximo 3 Condu)

SECCION mm ² .	DIAMETRO NOMINAL (mm)										
	13	15	20	25	35	40	50	65	80	90	100
1.5	4	6	10	17	30	41	67	96	148	199	
2.5	4	5	8	14	25	34	56	80	123	166	
4	3	4	7	11	20	28	46	66	101	136	175
6	1	1	3	6	10	14	24	34	52	70	90
10	1	1	3	5	9	12	20	29	45	60	78
16	1	1	1	4	7	9	15	22	34	45	58
25	1	1	1	2	4	6	11	15	24	32	41
35		1	1	2	4	5	9	13	20	27	34
50			1	1	2	3	5	8	12	17	22
70			1	1	1	2	4	6	10	14	18
95				1	1	1	3	5	7	10	13
120				1	1	1	2	4	6	8	10
150				1	1	1	1	3	5	7	9
185					1	1	1	3	4	6	8
240					1	1	1	1	3	4	6
300						1	1	1	3	4	5
400							1	1	1	3	4

TABLA N°3.18.-NUMERO MAXIMO DE CONDUCTORES EN TUBOS PVC DE DIAMETROS NOMINALES.

3.4.6 Diseño del sistema de puesta a tierra

Se dotará de un sistema de puesta a tierra con el siguiente objeto:

- Evitar voltajes peligrosos entre parte metálicas expuestas y el terreno, durante fallas o en condiciones normales de operación.

Proporcionar una vía de baja impedancia de falla para lograr la operación rápida de los elementos de protección.

- Conducir a tierra las corrientes provenientes de descargas atmosféricas, a través de los pararrayos y evitando las sobretensiones.

Para todo lo indicado el C.N.E. recomienda que la resistencia puesta a tierra máxima para una buena protección de subestaciones y tableros es de 10 ohmios; la misma que se debe cumplir según el siguiente procedimienito:

a) Medición de resistividad del terreno

Se ha utilizado el método de los cuatro electrodos según la configuración de Wenner; donde los electrodos están ubicados sobre una línea recta y separados a igual distancia " " entre ellos, tal como muestra la figura N° 3.10, empleandose para la medición un METRATER (medidor de resistencia a tierra) marca YOKO GAWA tipo 3244 de 0-0.3/3/30/300 ohmios.

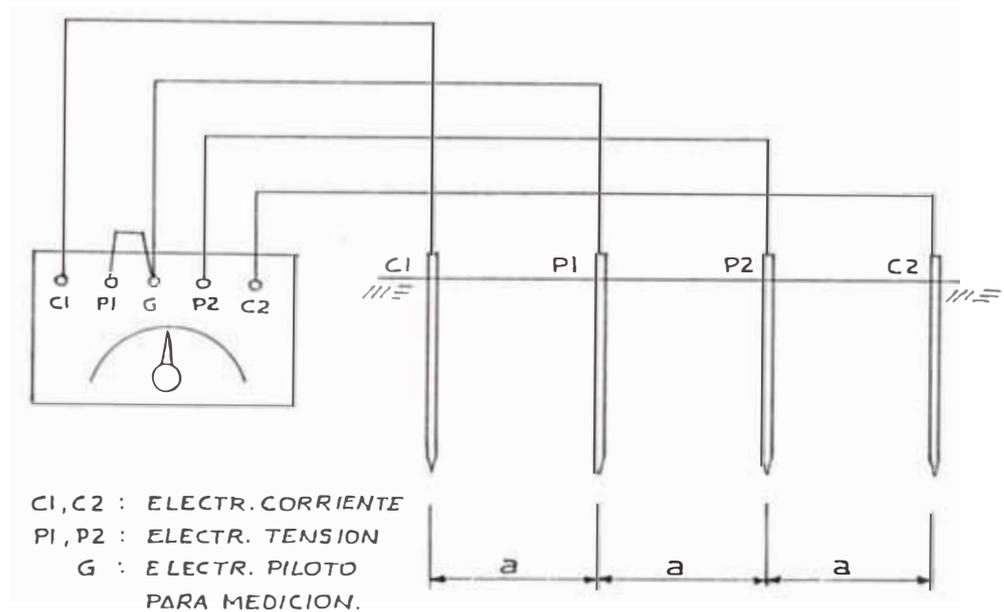


FIGURA N° 3.10.- MEDICION DE PUESTA A TIERRA POR EL METODO DE WENNER.

La formula de la configuración de Wenner esta dado por la siguiente expresión:

$$\rho = 2 \pi a R$$

Donde:

ρ : Resistividad del terreno en Ohm-m

a : Distancia entre electrodos

R : Resistencia a tierra.

La forma de medición es del "perfil eléctrico"; método que permite determinar las resistividades laterales del terreno y cuya configuración se muestra en la figura N° 3.11, donde la separación entre los electrodos " a " se mantiene invariable, trasladándose el conjunto de cuatro electrodos a

lo largo de una línea perpendicular a la línea de ubicación de electrodos.

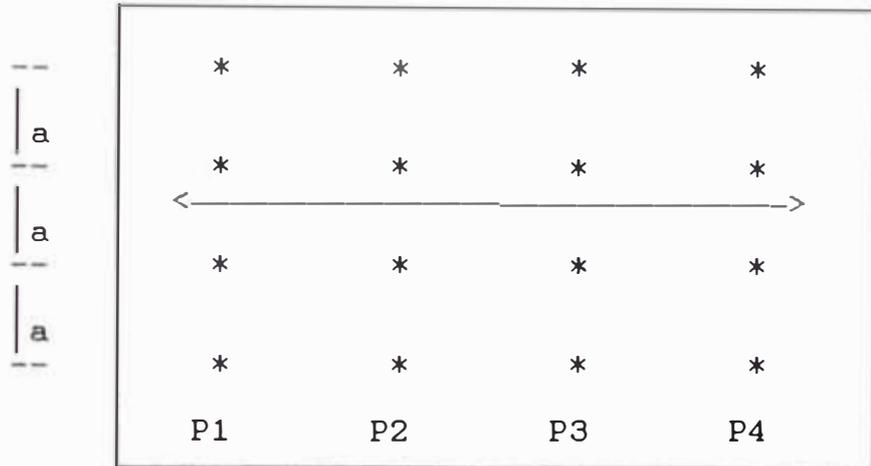


FIGURA N°3.11.- PERFIL ELECTRICO DE MEDIDA DE RESISTIVIDAD DE TIERRA.

El resultado de las medidas para distintos valores de "a" se consiguio según se muestra en la tabla N°3.19 :

a (m.)	RESISTENCIA (Ohms)					RESISTIVIDAD (Ohm-m.)
	R1	R2	R3	R4	Rprom.	
2.5	2.39	2.52	2.60	2.48	2.50	39.27
5.0	1.22	1.30	1.35	1.25	1.28	40.21
7.5	0.86	0.89	1.01	0.82	0.90	42.41
RESISTIVIDAD PROMEDIO (Ohm-m.)						40.63

TABLA N°3.19.- MEDIDA DE RESISTENCIA

Donde los valores encontrados de resistencia son las óptimas para cumplir una buena puesta a tierra y la resistividad del

terreno de 40 Ohm-m; indica que corresponde a un tipo de terreno vegetal, según los valores típicos de resistividad, conforme se muestra en la tabla N°3.20 :

TIPO DE TERRENO	RESISTIV. p(ohm-m)
- Terrenos vegetales húmedos	10-50
- Arcillas, limos	20-60
- Arenas arcillosas	80-200
- Fangos, turbas	150-300
- Arenas	250-500
- Suelos pedregosos(poca veg.)	300-400
- Rocas	1000-10000

TABLA N°3.20.- VALORES TIPICOS DE RESISTIVIDAD DE TERRENO.

b) Cálculo de resistencia de puesta a tierra

El sistema de puesta a tierra lo ubicaremos en la subestación y el método de cálculo dependerá de la resistencia máxima de protección que para nuestro caso es de 5 Ohmios y para lo cuál efectuaremos los siguientes cálculos:

b1) Cálculo de resistencia de una barra

La formula está deducido de la expresión general del potencial en cualquier punto del terreno y según la figura N° 3.12

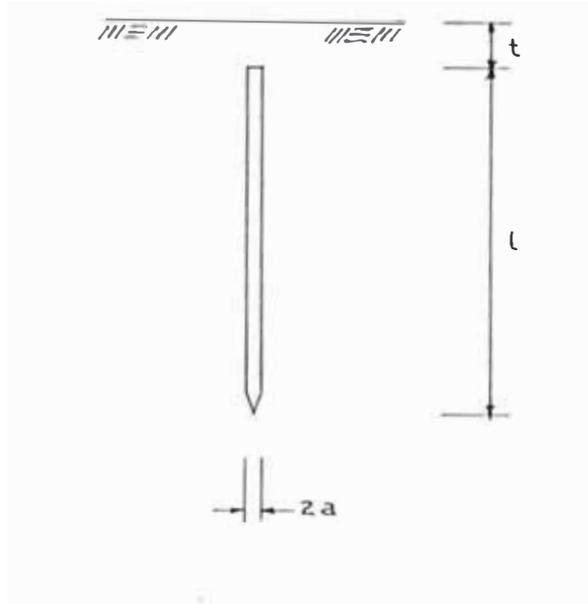


FIGURA N° 3.12.- P.T. DE UNA SOLA BARRA

Se tiene:

$$R_p = \frac{p}{2\pi L} \times \ln \frac{L}{a} \times \sqrt{\frac{3L + 4t}{L + 4t}}$$

Donde :

R_p : Resistencia propia de la barra

p : Resistividad del terreno = 40 Ohm-m.

L : Longitud de la barra = 2.40 m.

a : Radio de la barra = 0.008 m

t : Profundidad de enterrado = 0.30 m

Reemplazando valores tenemos:

$$R_p = 16.25 \text{ Ohm-m.}$$

Valor este que ofrece protección limitada al sistema.

b2) Cálculo de resistencia de una malla de tierra

Para este sistema emplearemos el método de Schwarz(USA); que consiste en el cálculo de mallas de tierra compuesta por reticulados (conductores horizontales interconectados) y conjunto de barras; consistentes en:

Resistencia de Tierra del Reticulado

$$R_1 = \frac{\rho}{\pi L} \left[\ln\left(\frac{2L}{\sqrt{hd}}\right) + \frac{k_1 L}{\sqrt{S}} - k_2 \right]$$

Resistencia de Tierra del Conjunto de barras

$$R_2 = \frac{\rho}{2\pi N l} \left[\ln\left(\frac{4l}{a}\right) - 1 + \frac{2k_1 l}{\sqrt{S}} (\sqrt{N} - 1)^2 \right]$$

Donde

ρ : Resistividad del terreno

L : Long. total de conductor del reticulado

d : Diámetro del conductor del reticulado

h : Profundidad de enterramiento del Reticulado.

S : Superficie cubierta por la malla

N : Número de barras

l : Longitud de cada barra

a : Radio de la barra

k_1 y k_2 : Coeficientes que dependen de la configuración de la malla.

Los valores k_1 y k_2 se obtienen aproximadamente de las siguientes expresiones:

$$k_1 = 1.43 - \frac{2.3h}{\sqrt{S}} - 0.044 \frac{A}{B}$$

$$k_2 = 5.50 - \frac{8h}{\sqrt{S}} + \left(0.15 - \frac{h}{\sqrt{S}}\right) \frac{A}{B}$$

Donde A es el lado mayor de la malla y B el lado menor

Resistencia Mútua entre Reticulado y Barras

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

Resistencia Combinada de Reticulado y Barras

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

Para nuestro caso efectuaremos el reticulado en la subestación, alrededor del transformador y de la siguiente forma :

- Una retícula 3*3m, formada por conductores paralelos unidas entre sí, según se muestra en la figura No.3.13, el diámetro del conductor de 70mm² es de 10.7mm y la profundidad de enterramiento 0.50m.

Cuatro barras cooperweld de 2.40m de longitud y 8mm de radio ubicados en cada una de las esquinas del reticulado. La resistividad del terreno es de 40 Ohm-m.

. Cálculo de k_1 y k_2 :

$$k_1 = 1.43 - \frac{2.3 \times 0.5}{\sqrt{9}} - 0.044 \frac{1}{1} = 1.003$$

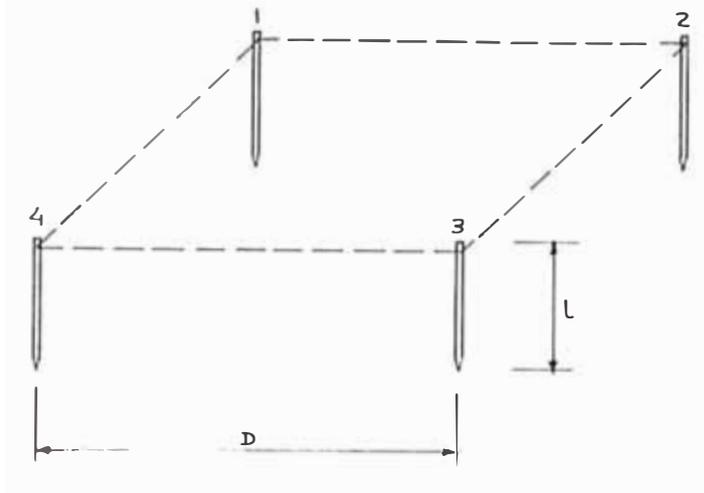


FIGURA N° 3.13.-MALLA DE TIERRA CON CUATRO BARRAS EN PARALELO

$$k_2 = 5.50 - \frac{8 \times 0.5}{\sqrt{9}} + (0.15 - \frac{0.5}{\sqrt{9}}) \frac{1}{1} = 4.15$$

. Cálculo de R_1 :

$$R_1 = \frac{40}{\pi \times 12} \left[\ln \left(\frac{2 \times 12}{\sqrt{0.5 \times 0.0107}} \right) + \frac{1.003 \times 12}{\sqrt{9}} - 4.15 \right]$$

$$R_1 = 6.00 \text{ Ohm.}$$

. Cálculo de R_2 :

$$R_2 = \frac{40}{2\pi \times 4 \times 2.4} \left[\ln \frac{4 \times 2.4}{0.008} - 1 + \frac{2 \times 1.003}{\sqrt{9}} (\sqrt{4-1})^2 \right]$$

$$R_2 = 5.10 \text{ Ohm.}$$

. Cálculo de R_{12} :

$$R_{12} = 6 \frac{40}{\pi \times 12} \left(\ln \frac{2.40}{\sqrt{0.5 \times 0.0107}} - 1 \right)$$

$$R_{12} = 3.360 \text{ Ohm.}$$

. Cálculo de R :

$$R = \frac{6 \times 5.10 - 3.36^2}{6 + 5.10 - 2 \times 3.36}$$

$$R = 4.408 \text{ Ohms.}$$

Valor este que ofrece garantía en la buena protección del sistema eléctrico.

c) Sección del conductor de puesta a tierra

La sección del conductor de puesta a tierra en sistema de corriente alterna no deberá ser menor que la indicada en la tabla N° 3.21 (CNE V-Tabla 3-X); las mismas que corresponden a cable de cobre desnudo semiduro para conductores subterráneos y cable tipo TW color amarillo para conductores en ductos PVC; las conexiones a las varillas se efectuarán con conectores cooperweld para la sección correspondiente y las conexiones derivadas se efectuarán con grapa de cobre tipo perno partido.

SECCION NOMINAL

CONDUCTOR VIVO (mm ²)	CONDUCTOR P.T. (mm ²)	ALIMENTADOR A
35 o menor	10	Pararrayo, Electrobomba.36HP Tablero de Alum. y Tomac.
50	16	
70	25	
95 a 185	35	Electrob.150HP(185mm ²)
240 a 300	50	
400 a 500	70	S-E, Tablero Gral.(2x185mm ²) Grupo Electrog.180KW(500mm ²)
Más de 500	95	

TABLA N°3.21.- CONDUCTOR DE PUESTA A TIERRA

3.4.7 Diseño del sistema de iluminación

Igualmente se rehabilitará todo el sistema de iluminación de los diferentes ambientes, donde los criterios para resolver estos problemas no serán únicamente en el nivel de iluminación, sino también en distribuir, en forma acertada la potencia instalada, porque se desea obtener buenas condiciones de visibilidad en todos los puntos de trabajo. En el estudio se tomará en cuenta los siguientes criterios:

- Nivel de iluminación necesario con relación al trabajo a realizar.
- Tipo de lampara a adoptar.
- Dispositivos de los aparatos de iluminación determinados por el ambiente de trabajo.

a) Diseño de alumbrado interior

El diseño de iluminación interior sera calculado siguiendo el método de "Lumenes":

- a1) Nivel de iluminanci3n (E).**- El nivel de iluminación recomendado ha sido obtenido del manual Westinghouse, de acuerdo al tipo de trabajo 3 actividad a realizar. Estos valores se muestran en la tabla 3.22 .

TIPO DE ACTIVIDAD	E (LUX)
- Sala de máquinas de funcionamiento intermitente, trabajos de mantenimiento y maniobras.	150
- Sala de control, mando y operación, lectura de instrumentos.	200
- Sala de equipos de emergencia de funcionamiento ocasional, mantenimiento y maniobras.	100
- Servicios higienicos	50
- Cuarto de guardiania y almacen de poco movimiento.	75
- Talleres de trabajos medios de banca y máquina	200
- Pasadizos	30

TABLA No.3.22.-NIVELES DE ILUMINACION
RECOMENDADOS

- a2) Selección del sistema de alumbrado.-** Generalmente las áreas donde se encuentran ubicados talleres, tableros de control, almacenes, etc, quedan mejor iluminadas mediante el sistema directo de iluminación; para lo cuál elegiremos lámparas fluorescentes de 40W, de precalentamiento, de arranque rápido y bajo factor de potencia de 0.55.
- a3) Cálculo del coeficiente de utilización (fu).-** Es un factor que tiene en cuenta la

eficiencia y la distribución de las luminarias, su altura de montaje las dimensiones del local y la reflexión de las paredes, techos y pisos; para su cálculo es necesario previamente hallar el "Índice de Local", el cual depende de las relaciones entre las dimensiones del local.

Para luminarias directas, el índice de local esta dado por la siguiente expresión:

$$RL = \frac{\text{Ancho} \times \text{Longitud}}{\text{Altura de Montaje} \times (\text{Ancho} + \text{Longitud})}$$

La altura de montaje es sobre el plano de trabajo; con artefactos adosados a techo en todos los ambientes, excepto en la sala de máquinas donde va adosado a la pared a 1.25m del techo.

Una vez conocido este valor recurrimos a la tabla N° 3.23 donde seleccionamos la letra representativa del índice de local.

Luego de las tablas N°3.24 y 3.25 que corresponden las luminarias a adoptar, con el índice de local y con los valores asumidos de reflectancia de techo y pared, en un 50%; podemos elegir los coeficientes de utilización, cuyos valores mostramos en tabla No. 3.26.

INDICE DE LOCAL	RELACION LOCAL		
	VALOR	PUNTO	CENTRAL
J	Menos de 0.7		0.60
I	0.7 a 0.9		0.80
H	0.9 a 1.12		1.00
G	1.12 a 1.38		1.25
F	1.38 a 1.75		1.50
E	1.75 a 2.25		2.50
D	2.25 a 2.75		2.50
C	2.75 a 3.50		3.00
B	3.50 a 4.50		4.00
A	Más de 4.50		5.00

TABLA No.3.23.-VALOR DE RELACION DE LOCAL

TECHO	70 %			50 %		
PAREDES	50 %	30 %	10 %	50 %	30 %	10 %
INDICE DE LOCAL	COEFICIENTE DE UTILIZACION					
J	0.30	0.25	0.22	0.30	0.25	0.22
I	0.39	0.34	0.31	0.38	0.34	0.30
H	0.46	0.41	0.37	0.45	0.40	0.37
G	0.53	0.48	0.44	0.51	0.47	0.43
F	0.58	0.53	0.49	0.56	0.52	0.48
E	0.65	0.60	0.56	0.62	0.58	0.55
D	0.69	0.64	0.61	0.66	0.62	0.59
C	0.72	0.68	0.65	0.69	0.66	0.63
B	0.76	0.72	0.70	0.72	0.70	0.67
A	0.72	0.76	0.73	0.75	0.73	0.71
Factor de Mantenimiento : - Bueno : 0.70 - Medio : 0.60 - Malo : 0.50 Distancia entre Luminarias : Menor a $1.4 * \text{Alt. Mon}$						

TABLA No.3.24.-LAMPARA FLUORESCENTE MODELO INDUSTRIAL
3x40 W.

TECHO	70 %			50 %		
PAREDES	50 %	30 %	10 %	50 %	30 %	10 %
INDICE DE LOCAL	COEFICIENTE DE UTILIZACION					
J	0.30	0.25	0.22	0.29	0.25	0.22
I	0.39	0.34	0.30	0.38	0.33	0.30
H	0.54	0.41	0.37	0.45	0.40	0.38
G	0.58	0.48	0.44	0.52	0.47	0.43
F	0.58	0.53	0.49	0.56	0.52	0.48
E	0.65	0.60	0.56	0.62	0.58	0.54
D	0.70	0.65	0.61	0.66	0.63	0.60
C	0.73	0.69	0.65	0.70	0.66	0.63
B	0.77	0.73	0.70	0.73	0.70	0.68
A	0.80	0.77	0.74	0.76	0.74	0.71
Factor de Mantenimiento : - Bueno : 0.70 - Medio : 0.60 - Malo : 0.50 Distancia entre Luminarias : Menor a $1.4 * \text{Alt. Mon}$						

TABLA No.3.25.-LAMPARA FLUORESCENTE MODELO INDUSTRIAL
2x40 W.

a4) Factor de conservación (fm).- Este factor se refiere a la pérdida de emisión luminosa media, pérdida debida a la acumulación de suciedad sobre la superficie reflectora, pérdida de reflectancia de las paredes y techos debida a la suciedad, etc.

Los fabricantes nos plantean tres alternativas posibles para el factor del mantenimiento bueno, medio y malo. Para nuestro caso se ha considerado un "fm" bueno en salas de máquinas y control y un "fm" medio en el resto de los ambientes, por no tener en estos un mantenimiento continuo como en el primer caso. De la tabla No.3.24 y 3.25, adoptamos el factor de mantenimiento lo cual también mostramos en la tabla No3.26

a5) Cálculo del número de lamparas y luminarias requeridas (N).- El número de lamparas y luminarias pueden calcularse mediante la fórmula siguiente:

$$N = \frac{E \times S}{n \times \phi L \times fu \times fm}$$

Donde:

N - N° de artefactos de iluminación.

E - Nivel medio de iluminación en Lux.

S - Area de la superficie de trabajo.

n - Número de lámparas por artefactos de

iluminación.

ϕ_L =Flujo luminoso de la lámpara en lumenes.

f_u = Factor de utilización.

f_m = Factor de mantenimiento o conservación.

En nuestro caso se considera $\phi_L=2,500\text{Lm}$, para lamparas fluorescentes de 40W a utilizarse en interiores y pasadizos. Los valores obtenidos se muestra en la tabla No. 3.26.

b) Diseño de alumbrado externo

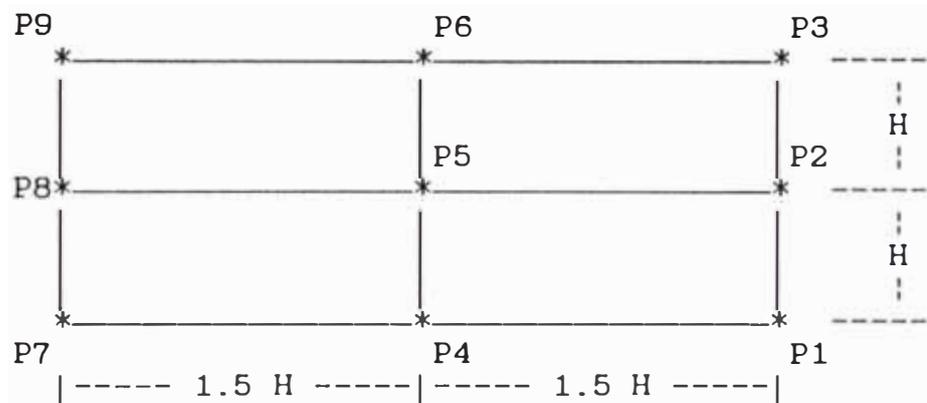
Para el alumbrado de areas libres, destinada a jardin y cerco perimetrico; se emplearán luminarias con lámparas de vapor de mercurio de alta presión de 125W., con altura de montaje 8m., separación promedio entre luminarias de tres veces la altura de montaje (CNE IV-5.4) es decir 24m. y con disposición unilateral en el perímetro de la propiedad; conforme se muestra en el plano No. IE-06-06.

b1) Nivel de Iluminación

Para calcular en forma aproximada la iluminación promedio que se obtendrá con la disposición indicada, emplearemos el llamado "método de los 9 puntos".

Para este cálculo utilizaremos la curva isolux mostrada en la fig. 3.15, que ha sido tomada del catalogo de un determinado fabri-

cante, para una luminaria de haz semirecor-
tado del tipo III, con lámpara de vapor de
mercurio de 125 Vatios, 6,300 lumenes,
inclinación 15°; la misma que se empleará a
una altura de montaje de 8.00m. En el
esquema que sigue a continuación se muestra
la ubicación de los 9 puntos tomados.



Ubicando esta figura en la misma escala
que la curva isolux antes mencionada, se
obtienen los valores siguientes de
iluminación para cada punto:

P1 = 15.3 lux, P4 = 7.38 lux, P7 = 15.3 lux

P2 = 5.48 lux, P5 = 3.93 lux, P8 = 5.48 lux

P3 = 1.72 lux, P6 = 1.47 lux, P9 = 1.72 lux

La iluminación media la hallamos a partir
de:

$$E_{med} = \frac{P1+P3+P7+P9+2.(P2+P4+P6+P8)+4.P5}{16}$$

Reemplazando valores, se obtiene:

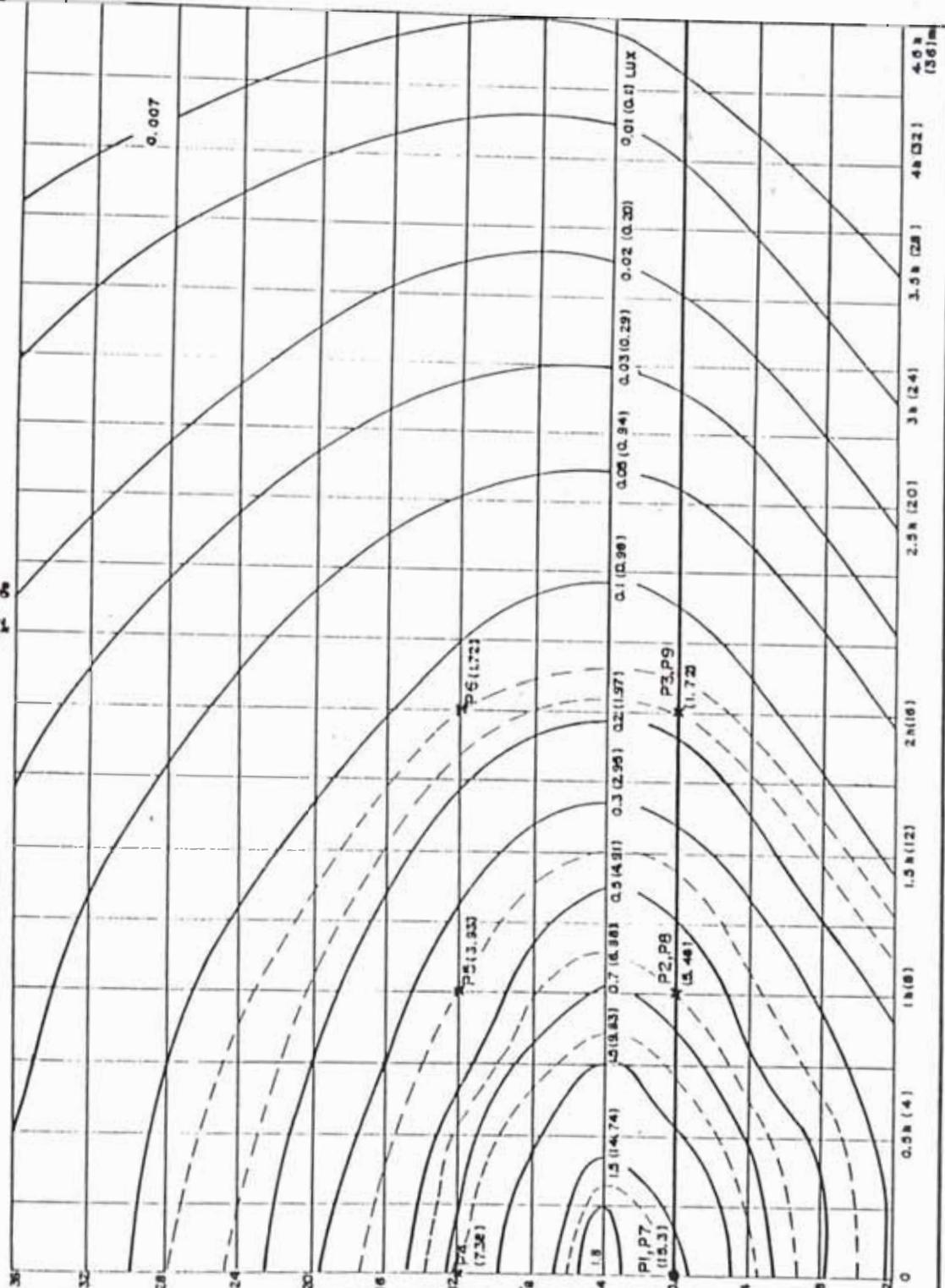
Emed = 6 lux.

Este valor es adecuado para nuestra instalación y esta dentro de los valores recomendados por la DGE 017 del MEM para alumbrado general en jardines.

En la tabla N° 3.26 se resume los cálculos de iluminación; donde se muestran las dimensiones del local, la altura del montaje, el número de lámparas y la potencia consumida en las instalaciones de alumbrado.

INCLINACION : 18°

- LUMINARIA DE HAZ SEMICORTADO TIPO III CON LAMPARA DE V. M. 125 W.
 - () : VALORES PARA h=8m. y g=6300 m. CORREGIDO SEGUN $\frac{100 \cdot ec}{h^2 \cdot g}$



COEFICIENTE A APLICAR	$\frac{100}{h^2}$	1	1.108	1.24	1.38	1.56	1.78	2.04	2.37	2.78
ALTURA h.	h.	10 m.	9.5 m.	9 m.	8.5 m.	8 m.	7.5 m.	7 m.	6.5 m.	6 m

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA

DISEÑO : D.M.C.

FIGURA Nº

APROBACION :

3.15

FECHA : OCT. '94

ESCALA : S/E

CURVAS ISOLUX
 h = 10 m y (8 m) Flujo = 1000 lm y (3600 lm)

AMBIENTE	Nivel de Iluminación E "Lux"	Dimensiones de Local		Altura Montaje h _m	Relación de Local "RL"	Índice de Local	Coeficiente de Utilización "U _c "	Factor de Mantenimiento "F _m "	Lamparas x Luminarias	Número de Luminarias	Potencia Consumida (KW)	Costo
		largo "m"	Ancho "m"									
- Sala de Maquinas	150	5.32	5.32	4.70	0.57	J	0.29	0.70	2	4	0.40	0.90
- Sala de Control y Mando	200	7.62	7.62	3.30	1.15	G	0.51	0.70	3	5	0.75	0.90
- Sala de emergencia	100	6.00	3.00	3.30	0.61	J	0.29	0.60	2	2	0.20	0.90
- Cuarto de guardian	75	4.50	3.00	3.30	0.55	J	0.29	0.60	2	1	0.10	0.90
- SS.HH. 1- Camara	50	5.00	2.00	2.20	0.65	J	0.29	0.60	1	1	0.05	0.90
- SS.HH. 2- Ingreso	50	2.30	1.40	3.30	0.26	J	0.29	0.60	1	1	0.05	0.90
- Taller 1	200	8.00	4.00	2.20	1.21	G	0.51	0.60	3	3	0.45	0.90
- Taller 2	200	5.50	4.00	2.20	1.05	H	0.45	0.60	3	2	0.30	0.90
- Almacén	75	19.00	5.50	2.20	1.94	E	0.62	0.60	2	4	0.40	0.90
- Pasadizos de Camara	50	41.00	1.50	3.30	0.44	J	0.29	0.60	1	7	0.35	0.90
- Pasadizos de Ingreso	20			2.20					1	3	0.15	0.90
- Jardin (Alumbr. exterior)	6			8.00					1	5	0.60	0.90
- Reserva estimada											1.00	
TOTAL POTENCIA INSTALADA DE ALUMBRADO (KW)											4.89	

TABLA No. 3.26.- RESUMEN DE CALCULOS DEL SISTEMA DE ALUMBRADO

CAPITULO IV

ESPECIFICACIONES TECNICAS DE EQUIPOS Y MATERIALES

4.1 Generalidades

En este capítulo se especificarán técnicamente para la adquisición de materiales y equipos como las instalaciones correspondientes según las características de los materiales y equipos. Para ello se tomarán en cuenta las consideraciones de instalación dadas por el Código Nacional de Electricidad y Normas de otros organismos internacionales; así como criterios y acondicionamiento según requerimientos propios

Las especificaciones comprenderán tanto el sistema mecánico como las instalaciones eléctricas, en base a las instrucciones de los fabricantes y a los resultados obtenidos en el capítulo III.

4.2 Especificaciones técnicas de suministro

En esta sección especificaremos detalladamente los equipos y materiales requeridos para la ampliación de instalaciones mecánicas y eléctricas; las mismas que deberán ser técnicamente aceptables y estar de acuerdo a condiciones generales de suministro y servicio.

4.2.1 Condiciones generales de suministro

El suministro de materiales deberá estar de acuerdo con los siguientes considerandos:

a) Alcances de suministro

De acuerdo a los estudios y proyectos efectuados en capítulos anteriores; seleccionaremos los equipos y materiales de las siguientes instalaciones electromecánicas:

a1) Instalación Mecánica

Los equipos y materiales proyectados estará constituido por:

- Electrobombas (02u); con bomba de 300lt/s-26mHDT, motor de 150HP-220VAC-60Hz-1800RPM
- Tuberias de fierro negro electrosoldado 150 PSI; de diámetros 18"Ø y 12"Ø, bridados y soldables.
- Codos de fierro negro, radio largo 150PSI, de 10"x90° bridado y de 18"x90° soldable.
- Reducción excéntrica de fierro negro 150 PSI de 14"-12"Ø bridado.
- Ampliaciones concéntricas de fierro negro 150PSI, 10"-14"Ø y 14"-18"Ø bridados.
- Yees de fierro negro 150PSI, de pasaje directo 18"Ø e ingresos de lado de 10" y 14"Ø soldables y 18"Ø bridado.
- Perneria de fijación y empaquetaduras.

Además del suministro indicado, se empleará equipos y materiales existentes, tales como: Electrobombas de 36HP, tuberías, reducciones, codos, yees; pero utilizables.

a2) Instalación eléctrica

Los equipos y materiales eléctricos proyectados estarán constituidos por:

- Transformador trifásico 315KVA-10/0.22KV.
- Postes de concreto armado 12/300 y 8/300 con crucetas de madera para pórticos de subestación y postes de 8/200 con pastoral para alumbarde de jardín y pasadizos.
- Tablero general de distribución; que incluya panel de llegada de energía, cuadros de arranque y panel de transferencia de energía con cuadros de medición y control de nivel.

Equipos de protección en 10KV ; tales como seccionadores y pararrayos.

Equipos de medición en 10KV; tales como contadores de energía activa y reactiva y transformadores de energía.

- Material de puesta a tierra; tales como varillas cooperweld 5/8"Øx2.40 y conductores desnudo para alimentadores y tipo TW para circuitos derivados.
- Material para control de nivel conformado por relés, sensores e indicadores.
- Material para alarma; tales como interruptor tipo final de carrera, bocina y relé auxiliar

- Conductores para alimentadores tales como: cable de cobre desnudo para instalación aérea en 10KV, cable tipo NYY en 220V en subestación y cable tipo THW de grupo electrógeno de emergencia.
- Conductores para circuitos derivados 220V tales como: Cable tipo THW para electro-bombas, cable tipo TW para sub tableros y salidas de alumbrado y tomacorriente, cable NYY subterráneo para postes de alumbrado con acometida tipo NLT.
- Aisladores en 10KV tipo suspensión, clase ANSI 52-3, con adaptadores.
- Equipo de alumbrado conformado por: Luminarias con lámparas fluorescentes de 40W para interiores y luminarias con lámparas de V.M. 125W para jardines.

Material eléctrico accesorio conformado por: pernos, tuercas y arandelas de fo.go. terminales, grapas y conectores de cobre, cinta señalizadora, empalmes subterráneos, tubería de PVC, percutores, cortacircuito fusibles tipo "C", cintas.
- Material para cerco de subestación tales como: Tuberías de fo.go. 2"Ø para parantes malla metálica galvanizada y puertas.

Además del suministro indicado, se emplearán materiales eléctricos existentes tales como: Sub tableros de distribución de alumbrado y tomacorrientes, alimentadores a electrobombas 36HP, alimentador de grupo electrógeno, tuberías PVC y salidas de alumbrado y tomacorriente.

b) Normas de fabricación

Los equipos y materiales a suministrar deberán cumplir con las siguientes normas :

b1) Normas mecánicas:

- ITINTEC
- ASA (American Standard Association)
- ASTM (American Society for Testing Mater.)
- DIN (Deutsch International Norm)
- VDE (Verband Deutscher Elektrotechniker)

b2) Normas eléctricas

- ITINTEC (Instituto de investigación tecnológica industrial y de normas técnicas)
- NEMA (National Electric Manufac. Assoc.)
- CEI (Comisión Electrotécnica Internac.)
- ASTM (American Society for testing Mat.)
- DIN (Deutsch International Norm)
- VDE (Verband Deutscher Elektrotechniker)
- ANSI

En caso de discrepancias entre las normas mencionadas; se aplicarán las mas

restrictivas. Nada de lo indicado en los planos o cubierto esta especificación se considerará como una autorización para violar alguna regla o norma autorizada.

c) Documentación técnica

Para el suministro de equipos y materiales, el postor o proveedor deberá presentar la siguiente documentación técnica:

- Certificados de aprobación

Especificación Técnica de cada equipo o material

Calendario de suministro de materiales, armonizado con el calendario de avance.

d) Inspección y Pruebas

La verificación y pruebas de los equipos y materiales a suministrar, deberán ser efectuados por el postor y proveedor conjuntamente con la autoridad competente de parte de la propietaria; para lo cuál emitirán un protocolo de pruebas y deberán de estar de acuerdo con las E.T.

d1) Inspección y Pruebas de Material Mecánico

- Electrobombas : Deberá ser cuidadosamente examinado en lo que respecta al caudal, presión, tensión y frecuencia del motor.

- Tuberías y accesorios: Deberán verificarse el tipo de material(ASTM),el espesor(SCH),

el acabado(Grado) y la presión máxima.

d2) Inspección y pruebas de material eléctrico

- Transformador de distribución: Además de verificar el sistema de ventilación, hermeticidad y nivel de aceite en el conservador; se efectuará mediciones de
 - . Aislamiento de arrollamientos
 - . Rigidez dieléctrica del aceite
 - . Relación de transformación, control de polaridad y correspondencia de fases.
 - . Resistencia de arrollamientos
 - . Tensión de corto circuito
 - . Pérdidas en el cobre
 - . Pérdidas en vacío
 - . Ensayo de tensión aplicada
 - . Ensayo de tensión inducida
- Tablero general; se verificará el tratamiento de base y acabado de pintura, dimensiones, refuerzos, soportes, puertas, cerraduras y soldadura. Se efectuará mediciones de aislamiento, se verificará el correcto funcionamiento de los equipos de protección y cuadros de arranque; en la cuál los relés deberán estar calibrados correctamente.
- Postes de C.A.C.; se verificará su acabado y se efectuarán las pruebas de esfuerzo de

rotura de una muestra.

- Aisladores; deberán estar de acuerdo con las especificaciones técnicas.
- Equipos de protección; Se verificará que cumpla con las especificaciones técnicas.
- Equipos de medición; se verificará la escala y clase de precisión, se efectuará el contraste con equipo patrón.

Equipos de control de nivel y alarma; deberán estar de acuerdo con las E.T.

- Conductores; se verificará y se efectuarán las mediciones de aislamiento y continuidad
- Equipos de alumbrado; se verificará y efectuará las pruebas de funcionamiento.
- Material eléctrico accesorio; se verificará el material y su acabado.

e) Embalaje y transporte

Todos los elementos se enbalarán desarmados en paquetes individuales que no pesen mas de 1500Kg. y se asegurarán adecuadamente con flejes galvanizadas u otro material apropiado y con cuartones de madera de 4" en la base para su carga y descarga. Además el paquete debe ser marcado indicando el nombre del elemento y el número de paquete.

Al cargar el material, deberá tenerse especial cuidado en asegurarse que

los materiales estén limpios y libres de materiales extraños y que los bultos sean adecuadamente cargados y amarrados para su transporte por vía terrestre.

Los equipos y materiales deberán estar cubiertos por una poliza de seguros en caso de pérdidas por accidente.

4.2.2 Condiciones de servicio

Los componentes de la cámara de bombeo; estarán sometidos a las siguientes características:

- a) Frecuencia de la red : 60 Hz.
- b) Temperatura
 - Temperatura ambiente máximo : 37°C
 - Temperatura ambiente promedio : 24°C
 - Temperatura ambiente mínimo : 20°C
- c) Altitud de operación : 6 m.s.n.m.
- d) Contaminación del aire : Por ser una zona agrícola, prácticamente no hay contaminación ambiental; pero sin embargo existe humedad que varía entre 78% y 98%.

Por otro lado se ha considerado la operación de las bombas, según los siguientes criterios:

- Operación de las dos bombas de 300 lt/s en forma simultánea; pero con las bombas de achique paradas; cuando la fluencia de aguas residuales y pluviales lleguen a su máxima

capacidad de 600lt/s.

Operación de las dos bombas de 300lt/s en forma alternada; cuando los volúmenes lleguen hasta un máximo de 300lt/s.

Operación de una bomba de 300lt/s. en paralelo con una bomba de achique de 56lt/s. en los casos de emergencia cuando exista el corte de suministro eléctrico de 10 KV.

- Las bombas trabajarán en forma intermitente, para ello se instalará un sistema de control de niveles, que permita parar o poner en marcha las bombas, cuando se alcancen niveles mínimos o máximos respectivamente.
- En ningún caso las bombas operarán a sobrecargas, por cuanto se han considerado las máximas cargas previsibles (densidad máxima de las aguas residuales), además el control eléctrico.

En caso extremo de no operación de las bombas; sea por corte de energía o falla de control, accionará el sistema de alarma sonora, poniendo en alerta a los operadores para la verificación de la falla, en todo caso accionar la motobomba auxiliar de 150 lt/s.-60 HP, existente.

4.2.3 Equipos y materiales a suministrar

Los equipos y materiales a suministrar; lo describiremos por tipo de instalación:

a) Suministro mecánico

Las presentes especificaciones técnicas establecen las condiciones de fabricación de equipo y material mecánico:

a1) Electrobomba de 300 Lt/s

La electrobomba en conjunto será de simple etapa, de acoplamiento directo, montaje vertical, el conjunto bomba motor deberá ser balanceado estática y dinámicamente para garantizar un trabajo silencioso y sin vibraciones.

Bomba

Será centrífuga, con impulsor helicoidal de fierro fundido mecanite GE, maquinado y balanceado electrónicamente, con caja formada por brida de fierro fundido mecanite GE, con rodamiento lubricados por grasa especialmente seleccionados para severas condiciones de operación, eje de acero C-40, dimensionado con alto factor de seguridad y sellado por prensa estopas. Será modelo H8D-MH de "Hidrostat" o similar para impulsión de aguas residuales y con sólidos en suspen-

sión y de las siguientes características:

Caudal	: 300 lt/s
H.D.T.	: 26 m
N.P.S.H.	: 3 m
Eficiencia	: 85%
Potencia absorbida	: 134.60 HP
Velocidad	: 1780 RPM
Diametro de succión	: 12"
Diametro de descarga	: 10"

- **Motor**

El accionamiento de la bomba sera mediante motor eléctrico de inducción, trifásico de eje vertical, protección P33, con rotor de simple jaula de ardilla y equilibrado dinámicamente, la carcasa será de fierro, con base para montaje vertical, los cojinetes son de tipo de bolas y estarán adaptadas para un funcionamiento mínimo de 25,000 horas sin lubricar. Será modelo NV-315 de "Delcrosa" o similar, con las siguientes características:

Potencia nominal	: 150 HP (112 KW)
Tensión nominal	: 220/440 V
Frecuencia nominal	: 60 Hz
Velocidad	: 1,800 RPM
Eficiencia	: 92%
Variación de tensión y frec.	: \pm 5%

- . Aislamiento de arroll.: Clase "F"
- Tipo de trabajo : Intermitente
- Tipo de arranque : Estrella-triang.
- Tipo de acoplamiento : Directo
- Factor de potencia : 0.86
- . Altura de trabajo hasta: 1000 m.s.n.m.
- . Sobre-temperatura adm : 80°C
- . Con alto par de arranque y elevado PD2.

- Acoplamiento

Será del tipo DISCO marca RENOLD, modelo 644275 o similar.

- Codo de succión

Será de fierro fundido mechanite GE-12"

a2) Electrobombas de 56 lt/s.

Se utilizará las existentes, cuya placa de características indican lo siguiente:

- Bomba

Marca : KSB
 Tipo : KRK150-37
 Serie : 394-337/3-1963
 Caudal : 56 lt/s (200 m³/H)
 H.D.T : 31 mts
 Velocidad : 1,775 RPM

- Motor

Marca : AEG
 . Tipo : A-225 S 24
 Serie : 355056510

Potencia nominal : 27/24 KW (36/32 HP)
Tensión nominal · 220/380 Volt.
Velocidad · 1,800 RPM
. Factor de potencia: 0.86/0.87
Aislamiento : Tipo "E"

a3) Válvulas

Se utilizarán válvulas de retención tipo Check y válvulas de compuerta existentes en las instalaciones; las mismas que son de fierro fundido de 150PSI embridados. Previo a la utilización se dará un mantenimiento adecuado; que garanticen su funcionamiento.

a4) Tuberías

- Tubería de 14"Ø, se utilizará la existente en las instalaciones. Las mismas son de fierro negro electrosoldado ASTM A.53, Grado A, Sedula 40.

Se hará el mantenimiento respectivo consistente en limpieza de la tubería, protección con tratamiento de pintura; compuesta de una capa anticorrosiva epóxica y dos capas de pintura de acabado.

- Tubería de 18"Ø con costura ASTM A.53, Grado A, Sedula 40; serán nuevas de primer uso de 3/8" de espesor, de fierro negro electrosoldado y deberá soportar una presión de trabajo de 150PSI, estará prote-

- gida con tratamiento de pintura compuesta de una capa de pintura anticorrosiva epóxica y dos capas de pintura de acabado.
- Tubería de 8"ø y 10"ø de fierro negro; permanecerán los existentes, tal como están instalados.
 - Tuberías de 18"ø de asbesto/cemento, igualmente se utilizarán las existentes por estar en buenas condiciones.

a5) Accesorios

- Las bridas serán de acero forjado ASTM A181, Grado 1, para una presión de trabajo de 150 PSI; con protección idéntico a las tuberías.
- Las reducciones, codos de radio largo, yeas, etc, serán de fierro negro o acero al carbono ASTM 234, Grado A, Sedula 40, para una presión de trabajo de 150PSI y con tratamiento igual al de las tuberías.
 - Los niples de 14"ø serán confeccionadas con tuberías existentes en las instalaciones, a la cual se soldarán bridas nuevas en los extremos.
 - Las conexiones para soldar; codos de 90° y 45°, tees, reducciones, etc, a tuberías; serán hechas con soldadura eléctrica de alta penetración.

- Las empaquetaduras tipo anillo para junta de bridas serán de jebe semiduro, homogéneo en toda su masa, libre de burbujas y cualquier irregularidad.

b) Suministro Eléctrico

Las presentes especificaciones detallan las características técnicas de los equipos y materiales eléctricos a utilizarse:

b1) Suministro para Subestación

b1.1) Transformador:

serán trifásicos, para montaje exterior tipo "superficie", sumergido en aceite del tipo autoenfriado, el tanque será de plancha de acero e irán montados sobre patines que permitan su desplazamiento por medio de polines y su instalación sobre la base que se muestra en los planos del proyecto

El transformador vendrá provisto de todo accesorio estandar de acuerdo a las normas de fabricación que se indican en ésta especificación

Características:

Potencia nominal : 315 A.

Tensión nominal del primario · 10 KV.

Tensión nominal secundario : 220 V.

Frecuencia nominal · 60 Hz.

- Regulación de transformación :100% ±2.5%
+5.0%

- Nivel de ruido menor a : 55 Db.
- Altura de montaje máximo : 1000 msnm.
- Grupo de conexión : DY5
- Tensión de cortocircuito : 5%
- Elevación de temperatura de los arrollamientos : 65°C
- Elevación de temp. aceite : 60°C
- Peso total con aceite : 1210 Kg.
- Dimensiones (l*a*h) : 1170x850x1690 mm

b1.2) Seccionador fusible:

Serán unipolares tipo Cut out para montaje a la intemperie. El conjunto permitirá ser operado por pertiga.

Características:

- Tensión nominal : 10 KV
- Tensión máxima : 12 KV
- Corriente nominal : 100 A
- Nivel básico de aislamiento(BIL) : 95 KV
- Tensión de descarga de baja frecuencia
 - En seco : 70 KV
 - Bajo lluvia : 40 KV
- Capacidad de interrupción : 18 KA
- Corriente de choque : 45 KA
- Linea de fuga : 13 pulg

El fusible a utilizar para este seccionador será tipo "Chicote" de 40A. de corriente nominal, 18 KA de capacidad de interrupción,

con tiempo de apertura "Lento".

b1.3) Pararrayo:

Serán unipolares tipo "Autovalvula" para montaje a la intemperie.

Características:

- Tensión nominal : 10 KV
- Frecuencia : 60 Hz
- Corr. descarga onda 8/20us. : 10KA rms
- Altura de trabajo : 6 msnm
- Clase de aterramiento : B

b1.4) Aisladores:

Serán de porcelana tipo "Campana" clase ANSI 52-3, con dispositivos metálicos de fijación del tipo espiga y caperuza

Características :

- Tensión de ensayo : 10 KV
- Tensión descarga superficial bajo frec.
 - . En seco : 80 KV
 - Bajo lluvia : 50 KV
- Tensión crítica impulso c/onda 1.2x50us.
 - . Positivo : 125 KV
 - Negativo : 130 KV
- Tensión de perforación baja frec: 110KV
 - Ruptura electromec. combinada : 6820Kgf
 - Ruptura al impacto : 60Kgfxcn
 - Carga de ensayo de rutina : 3410Kgf

b1.5) Accesorios de Aisladores:

Los aisladores de suspensión estarán provistos de todos los elementos necesarios y serán de fierro galvanizado en caliente que harán un armado tipo bastago y caperuza con una capacidad de ruptura de 10,000 Kg. Estos accesorios comprenden:

- Perno ojo de 5/8"Ø x 14" long
- Adaptador horquilla-bola
- Adaptador casquillo-ojo
- Grapa de anclaje t/Pistola de 02 pernos

b1.6) Porticos:

El sistema de porticos estará conformado de cuatro postes de concreto armado centrifugados, 2 de 12/300 y 2 de 8/300, de las siguientes Características:

Longitud (m)	:	12	8
Diametro en el vertice (mm)	:	120	120
Diametro en la base (mm)	:	300	240
- Carga rotura en la punta(Kg):		300	300
Peso (Kg)	:	800	410
Coeficiente de seguridad	:	2	2

Cruceta de madera "Tornillo" de sección rectangular de 10x15cm. por 2.70m. long.

b1.7) Conductores:

Los conductores en A.T. a instalarse en los porticos de la SE, serán de cobre electrolitico de 99.9% de pureza, conduc-

tibilidad 96.7% IACS, cableado, temple duro y desnudo.

Características:

- Sección nominal : 25mm²
- Número de alambres : 7 hilos
- Diámetro nominal de alambre : 2.14 mm.
- Diámetro nominal exterior : 6.42 mm.
- Resistencia máx. 20°C en c.c. : 0.740hm/km
- Resist. a la tracción nominal : 9.95 KN.
- Peso : 224 kg/km

Los conductores de la red primaria en 10 KV de alimentación a la SE, son existentes, la misma que llega a una estructura de concreto de 12 mts con aisladores campana y deberán ser reubicados a los porticos. El conductor es de cobre desnudo de 25 mm² de sección.

b2) Equipos de Medición en 10 KV.

Los equipos de medición se instalarán a la entrada de la subestación en zona accesible al concesionario; con la finalidad de tomar información de la energía eléctrica que realmente absorberá el sistema y que consistirá de los siguientes equipos :

b2.1) Contador de energía activa "KWH".

Será trifásico, previsto para doble tarifa de energía activa, con indicación de

máxima demanda en KW; con periodos de interrupción de 15 minutos y deberá cumplir las siguientes características:

- Solicitaciones de sobretensiones y sobrecargas :

Tensión permanente · 1.2 Vn=12 KV

Corriente permanente : 2 In - 46 A.

Tensión durante 10 seg. : 2 Vn - 20 KV

Corriente durante 10 seg. : 10In - 230 A

- Alimentación de los circuitos de medida:

Tensión nominal de medida : 220 V_{AC}.

. Corriente nominal de medida: 5 A.

Frecuencia nominal : 60 Hz.

Clase de presición : 1.0

Tensión de prueba a 60Hz : 4KV -1 min.

b2.2) Contador de energía reactiva "KVAR".

Será trifásico con simple tarifa de energía reactiva; con características similares al anterior pero con funcionamiento dependiente de la secuencia de fases y clase de presición 3.0. Las compañías eléctricas suelen exigir generalmente un factor de potencia 0.8 a 0.9.

b2.3) Transformadores de tensión para medida.

Será para montaje al exterior del tipo de inmersión en aceite, sellado hermético, con bornes de tierra, caja de bornes a prueba de

intemperie.

Los aisladores serán de porcelana de adecuada resistencia mecánica y eléctrica.

El diseño del transformador será tal que no produzca ferrorresonancia; con dispositivo de protección contra los cortacircuitos del secundario del transformador.

Sus características serán :

- Tensión nominal de red : 10 KV.
 - Relación de transf. : 10,000/√3:220/√3
 - Consumo : 30 VA.
 - Clase de precisión : 1.0
 - Frecuencia : 60 Hz.
 - Tensión de prueba BIL
con onda 1.2/50μs. : 95 KV.
- (Según CNE-Tomo IV-tabla 3-III)

b2.4) Transformadores de corriente para medida

Tendrá arrollamientos internos adecuadamente reforzados teniendo en cuenta la intensidad de la corriente y con características similares al anterior pero para relación de transformación de 25/5 A.

b2.5) Fusibles y bases portafusibles

Para instalación al exterior, para protección de transformadores de tensión y su equipo de medida asociado; a ubicarse en el pórtico de llegada de línea 10 KV.

- Tensión nominal : 10 KV.
- Frecuencia nominal · 60 Hz.
- Tension de prueba BIL 1.2/50µs. : 95 KV.
- Corriente nominal base portafuse: 100 A.
- Corriente nominal del fusible : 1 A.

b3) Tablero general de distribución

Suministro de gabinete metálico tipo Autosoportado, conformado de cuatro (4) paneles, fabricados con perfiles de fierro angular y plancha de fierro de 1.5 mm. de espesor, con acceso frontal mediante puertas y cerraduras para cada panel, protegida contra corrosión con el siguiente tratamiento de pintura:

Limpieza profunda de las superficies metálicas mediante arenado a presión; aplicación de dos capas de pintura de base, secado al horno y dos capas de acabado con pintura semimate también secado al horno.

Dimensiones aproximadas:

Altura · 2,000 mm
Ancho : 2,800 mm (700 mm por panel)
Fondo · 600 mm.

Conexionado con platina de cobre electrolitico de alta conductibilidad, una platina por fase de 80x10mm. pintado de colores;verde(fase R), blanco(fase S) y rojo

(fase T); con cables de control tipo THW; con bornes para circuito de control y medición; con aisladores portabarras de 1KV-750kg. de esfuerzo, barras de puesta a tierra de 25x5 mm. Los paneles 3 y 4 llevarán platinas de cobre pintado, de 60x5mm para el sistema de transferencia con aisladores 1KV-750Kg.

Además el tablero contendrá placas y esquemas de identificación y estará compuesto del siguiente equipo eléctrico por panel:

b3.1) Panel N° 1 :Celda de llegada Electronorte:

- Un interruptor termomagnético trifásico de corriente nominal 1000A, tensión nominal 240V, frecuencia 60Hz, tensión de prueba 3000V, corriente cortocircuito simétrico 42KA, corriente de cierre 187KA., corriente de interrupción 50KA para 10 a 15ms.

Cuadro de Medición Compuesto de

- . 1u Voltímetro de 0-300V, clase 1.5, 3VA
- . 1u Amperímetro 0-1500A, clase 1.5, 2.5VA
- . 1u Vatímetro 0-500KW, 220V, clase 1.5, 3VA
- . 1u Conmutador voltimétrico 0-RS-ST-TR.
- . 1u Conmutador amperimétrico 0-R-S-T.
- . 3u Base potafusible con fusible DZ 25/4A
- . 2u Transformadores de corriente 1500/5A 60Hz., clase 1.0, 30VA.

b3.2) Paneles N° 2 y 3 : Cuadros de arranque de electrobombas

Tanto el panel N°2 como el panel N°3; deberá estar equipado por los siguientes elementos:

i) Control de electrobomba 150HP

- Un interruptor termomagnético trifásico de corriente nominal 600A., tensión nominal 240V. frecuencia 60Hz., corriente de cortocircuito 42KA.

Arrancador alternador estrella-triángulo para motor de 150HP, trifásico, 220V., 60Hz, compuesto de

- 1u Contactor electromagnético trifásico de 125A., bobina 220V., 60Hz., tipo CN1-GC133P de TELEMECANIQUE ó similar
- 2u Contactor electromagnético trifásico de 200A., bobina 220V., 60Hz., tipo CN1-HC133P de TELEMECANIQUE ó similar
- . 1u Relé térmico trifásico de 125-200A. tipo LR1-F200 de TELEMEC. ó similar.
- . 1u Relé temporizador de 0.1-30seg., 220V 60Hz., tipo LA2-D22
- . 2u Pulsador de arranque y parada(negro y rojo) tipos XB2-BA21 y 42.
- 2u Lamparas con portalamparas 220 V, uno para señalar "Marcha" y otro

"Falla" (verde y rojo).

1u Selector de posición M-0-A de 12A.
tipo 2B2-MZ1485.

. 2u Base potafusible con fusible DZ-25/4A

Para el funcionamiento en alternancia y control de nivel; solo el panel N°2 además de lo indicado, llevará lo siguiente :

. 1u Rele alternador trifásico 125-260A.,
220V, 60Hz, tipo ZC1-GP6 de TE.

2u Relé de control de nivel de sondas
tipo DINIL-02-220V. de AGUT ó similar

- Cuadro de medición BOMBAS 150HP :

1u Amperímetro de escala 0-500A., clase
1.5, 2.5VA.

. 1u Conmutador amperimetrico O-R-S-T

2u Transformador de corriente para me-
dición de 500/5A, 15VA, 60Hz, clase 1

ii) Control de electrobombas 36HP.

- Un interruptor termomagnético trifásico de corriente nominal 150A, tensión 240V, frecuencia 60Hz, corriente de cortocircuito 25KA.

- Arrancador alternador estrella-triangulo, para motor de 36HP, trifásico, 220V, 60Hz; compuesto de:

1u Contactor electromagnético trifásico de 40A, 220V, 60Hz, tipo LC1-D403M/TE

- . 2u Contactor electromagnético trifásico
50A, 220V, 60Hz, tipo LC1-D503P
- 1u Rele térmico trifásico, de 38-50A,
tipo LR1-D63357 de TE ó similar.
- . 1u Relé temporizador de 0.1-30seg, 220V,
60 Hz, tipo LA2-D22 de TE ó similar.
- . 2u Pulsadores de arranque y parada
(negro y rojo) tipos XB2-BA21 y 42.
- . 2u Lámparas con portalámparas 220 V,
uno para señalar "Marcha" (verde) y
otro para señalar "Falla" (rojo).
- . 1u Selector de posición M-0-A tipo ZB2-
MZ1485 de TELEMECANIQUE ó similar.
- . 2u Base portafusible c/fusible DZ-25/2A.
- Cuadro de medición BOMBAS 36HP.
 - 1u Amperímetro de escala 0-100A, clase
1.5, 2.5 VA.
 - . 1u Conmutador amperimétrico 0-R-S-T.
 - 2u Transformador de corriente para me-
dición de 125/5A, 15VA, 60Hz, clase 1

b3.3) Panel N°4: Transferencia Electronorte y G.E.

Compuesto por los siguientes elementos :

- Transferencia :
 - 2u Interruptor termomagnético trifásico
de 800A, 240V., 60Hz., 42KA.RMS.
 - . 1u Enclavamiento mecánico para interrup-
tor de 3x800A.

- 2u Portalámpara de funcionamiento de servicio normal y de emergencia.
- . 2u Fusible de protección DZ-25/2A.
- Circuitos derivados
 - 1u Interruptor termomagnético trifásico de 60A, 240V, 60Hz y capacidad interruptiva 25KA.
 - . 2u Espacios de reserva.
- Cuadro de Medición :
 - . 1u Voltímetro de 0-300V, clase 1.5, 3VA.
 - . 1u Amperímetro 0-800A, clase 1.5, 2.5VA.
 - . 1u Conmutador voltimétrico 0-RS-ST-TR.
 - . 1u Conmutador amperimétrico 0-R-S-T.
 - . 1u Frecuencímetro de rango 55 a 65 Hz.
 - . 2u Transformadores de corriente 800/5A, clase 1.0, 30VA.
 - . 2u Fusibles de protección DZ-25/4A.

b4) Características Generales de los Equipos de Control y Protección.

b4.1) Características de los Interruptores

Cortacircuito en caja moldeada que tiene simultáneamente disparo ajustable con característica inversa(térmico) e instantánea (magnético).

Tendrá las siguientes características :

- Corr. nominal (A): 1000 800 600 150 60
- Tens. nominal (V): 240 240 240 240 240

-Frecuencia (Hz):	60	60	60	60	60
-Tens. prueba (V):	3000	3000	3000	3000	3000
-Corr. C.C.Sim(KA):	42	42	42	25	25
-Corr. cierre (KA):	187	187	187	187	40
-Calibr.Magnét(KA):	5-10	4-8	3-6		
-T. interrup. (ms):	(15-20)	(10-15)

b4.2) Características de los Contactores:

Son interruptores para elevada frecuencia de maniobra que actúan a distancia por acción de un circuito magnético y activadas manual o automáticamente, cuya excitación la controla un nivel de líquido en nuestro caso las características generales de los contactores elegidos se muestran en la tabla No. 5.1 para tipos de marca TELEMECANIQUE.

b4.3) Características de los relés de protección

El relé térmico de sobrecarga es utilizado juntamente con el contactor para la protección por sobrecorriente; cuyo funcionamiento se acerca al calentamiento de los motores, por lo que constituye una protección ideal para los mismos.

Las características de disparo de los relés térmicos desde el estado frío, según VDE 0660/4.62; se muestra en las figuras Ns. 5.1 y 5.2 (TELEM) para intensidades de empleo 0.1 a 80A. y 100 a 1000A. respectivamente.

TIPO	CN1-HC	CN1-GC	LC1-D50	LC1-D40
-Numero de polos	3	3	3 ó 4	3 ó 4
-Intensidad nominal (A)	200	125	50	40
-Tensión nominal (V)	500	500	660	660
-Tensión nom.de mando(V)	24-660	24-660	12-660	12-660
-Límite tensión Func.(%Vn)	.85-1.1	.85-1.1	.85-1.1	.85-1.1
-Límite caída tensión(%Vn)	0.4-0.7	0.4-0.7	0.3-.55	0.3-.55
-Consumo medio (VA)	75	58	22	22
-Disipación térmica (W)	24	16.5	6-10	6-10
-Tiempo medio Funcion. Vn.				
.De cierre (mseg)	30-55	30-80	14-21	14-21
.De apertura(mseg)	10-20	10-20	6-16	6-16
-Robustes Mec.(mill.manio)	10	10	20	20
-Robustes Elect.(")	1200	1200	3600	3600
-Temperatura de Funcio(°C)	-50a+70	-50a+70	-50a+70	-50a+70
-Altura utilización (msnm)	3000	3000	3000	3000
-Inclinación máxima (°)	+23	+23	+30	+30
-Límite de frecuencia (Hz)	25-400	25-400	25-400	25-400
-Intensidad Perman.Máx.(A)	210	160	80	60
-Poder de cierre eficaz(A)	2000	1250	900	800
-Poder de corte eficaz (A)	2000	1250	900	800
-Intensidad temporal :				
.Durante 1seg. (A)	1800	1125	800	800
.Durante 5seg. (A)	1050	800	440	430
.Durante 10seg. (A)	800	600	350	320
.Durante 30seg. (A)	520	400	208	192
.Durante 1min. (A)	400	300	180	160
.Durante 3min. (A)	250	190	125	105
.Durante 15min. (A)	210	160	80	60
-Impedancia por polo (mΩ)	0.4	0.5	1.5	1..5
-Potencia disip./polo (W)	16	8	3.7	2.4

TABLA N°5.1.- CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS CONTACTORES

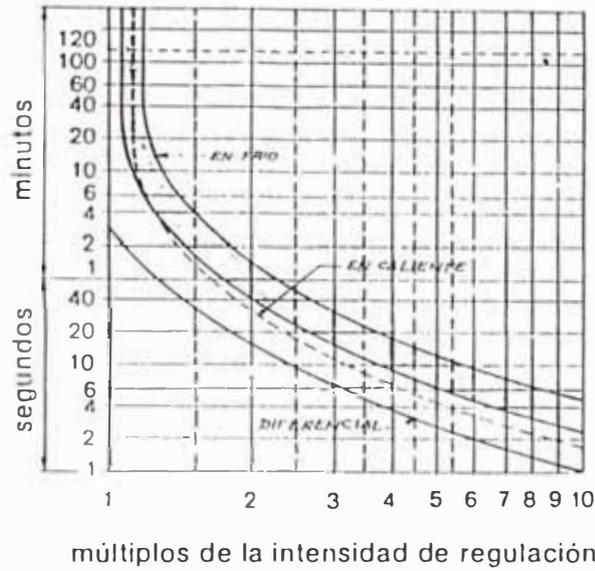
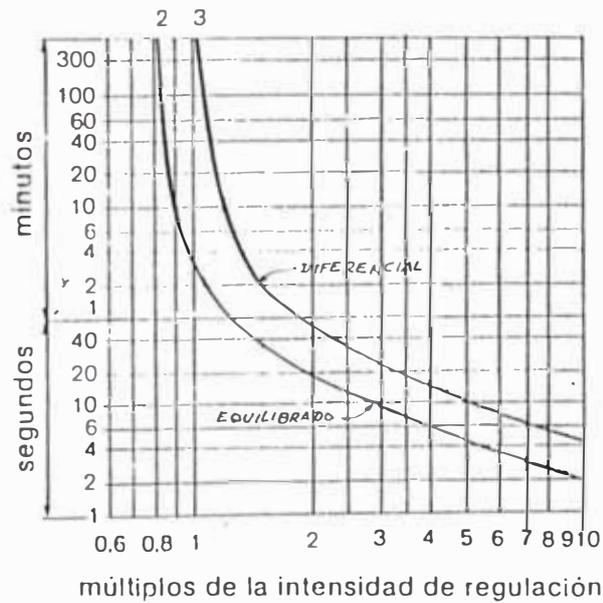


FIGURA No. 5 · 1.- RELES TIPO LRI - D09 o D80 (0.1 o 80A.)

Tiempo de disparo medio



(2) Funcionamiento diferencial: 2 fases ~ LR3-F

(3) Funcionamiento equilibrado: 2 fases ~ LR1/3-F

FIGURA No 5 · 2 .- RELES TIPO LR-F (100 o 1000 A.)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA FACULTAD DE INGENIERIA ELECTRICA Y ELECTRONICA	DISEÑO : D. M. C .	FIGURAS Nos. 5 · 1 y 5 · 2
	APROBACION :	
CURVAS DE DISPARO DE RELES	FECHA : OCT '94	
	ESCALA : $\$/E$	

b4.4) Características de las unidades de mando y señalización.

Constituyen los selectores de posición, pulsadores y lamparas de señalización; las mismas que deberán cumplir con las siguientes características:

- Tensión nominal de aislamiento · 500 V.
- Intensidad nominal térmica : 10 A
- Temperatura de funcionamiento : -25a70°C
- Robustes mecánica : 1 millón maniobras
- Resistencia a las vibraciones
- Resistencia contra choques
- Protegida contra choques eléctricos.

b4.5) Características de instrumentos de medición

- Indicadores:

Los instrumentos indicadores serán de preferencia electrodinámicos, cuadrados, de escala de un cuarto de cuadrante, rango amplio, para ser empotrados en tableros, de instalación vertical, a prueba de polvo.

El voltmetro y ampermetro será suministrado con sus respectivos conmutadores para tensiones entre fases y corrientes a fases respectivamente.

Tendrán las siguientes características:

Solicitaciones por sobretensiones y sobrecargas.

Permanente	:	1.2 Vn. y 2 In.
Durante 10 seg	:	2.0 Vn. y 10 In
Frecuencia	:	60 Hz.
Clase de presición	:	1.5
. Tensión nominal para medida:		220 V. ac.
Potencia de consumo	:	2.5 a 3 VA.
. Rangos		
Amperimetro	:	0-800/1000A
Voltimetro	:	0-250 V.
Frecuencimetro	:	55-65 Hz.
Kilovatimetro	:	0-300 KW.

- Contador de energía activa:

Serán del tipo para empotrar en tablero, a prueba de polvo, con cubierta transparente removible, será del tipo enchufable y de dimensiones no mayores de 200x200 mm.

Deberán poseer retenes para prevenir la rotación de los ejes en caso de flujo inverso de potencia.

Será trifásico, previsto para doble tarifa de energía activa. Tendrá indicación de máxima demanda en KW y con periodos de integración de 15 minutos.

Tendrá las siguientes características:

- . Solicitaciones por sobretensiones y sobrecargas:

Permanente	· 1.2 Vn y 2 In
Durante 10 seg	· 2.0 Vn y 10 In
Frecuencia	: 60 Hz
Clase de precisión	: 1.0
Potencia de consumo	· 10 VA
Tensión nominal para medida	· 220V. ac
. Tensión de prueba en 1 minuto:	4 KV

- Contador de Energía Reactiva:

Idem al anterior, pero de simple tarifa, funcionamiento dependiente de la secuencia de fase y clase de precisión 3.0

b4.6) Características de los transformadores de corriente.

Serán del tipo para empotrar en tablero, con cubierta reforzada de plástico y de las siguientes características:

Tensión máxima de servicio	: 600 V
Tensión de prueba en 1 min	: 3 KV
Frecuencia	: 60 Hz
Intensidad térmica	· 60 In
Intensidad dinámica	· 150 In
Factor de saturación	: N < 5
Intensidad secundaria	: 5 A
Intensidad primaria	: 125A 500A 1000A
Clase de precisión	: 1.0 1.0 1.0
Consumo	: 15VA 15VA 30VA

- Pulsador de bloqueo de alarma.

b4.7) Tablero de alumbrado y tomacorriente

Se utilizará los tableros existentes; las mismas que se efectuará el mantenimiento respectivo. Conformados por:

Tablero "TA", en la zona de camara.-
Compuesto de una caja metálica empotrada de 0.50x0.40x0.15m. con interruptores termomagneticos de 1 de 3x60 A. y 4 de 2x20 A

Tablero "TA1" en la zona de almacen.
Compuesta de una caja metálica de 0.40x0.40x0.15m. con interruptores termomagneticos 1 de 3x40A. y 3 de 2x20A.

b5) Alimentadores principales

- Los conductores de alimentación de la subestación al tablero principal; serán de cobre electrolitico blando, cableado concentrico unipolar, tipo subterraneo NYY, aislamiento de PVC y protección exterior con una chaqueta de PVC de color negro. Llevarán dos ternas(6 conductores).

Tendrá las siguientes características:

Calibre	: 1x185 mm ²
Capacidad de cable en tierra:	482 A
Tensión de servicio	: 1000 V
Temperatura de operación	· 80°C
Diametro exterior	: 25.66 mm

- . N°de hilos por diámetro : 37x2.5 mm
- Elongación mínima : 10%
- Resistencia a 20°C : 0.097 Ω /Km
- . Peso : 2,050 Kg/Km

- Los conductores de alimentación del grupo de emergencia al tablero principal, se utilizarán la existente, los mismos que son del tipo THW de 3 conductores, de cobre electrolítico blando cableado concéntrico, con aislamiento de PVC especial.

De las siguiente características:

- Calibre : 500 mm²
- Tensión de servicio : 600 V
- . Capacidad permisible en ducto: 580 A
- Temperatura de operación : 75°C
- Diámetro exterior : 35.42mm
- NOde hilos por diámetro : 61x3.23mm
- Elongación mínima : 15%
- Resistencia a 20°C : 0.036 Ω /Km
- . Peso : 5.342Kg/Km

b6) Alimentadores a cargas

Serán del tipo THW y TW, de cobre electrolítico blando de 99.99% de conductibilidad, con aislamiento de PVC. Tendrán las características de la tabla N°4.2 :

El cableado de interiores en alumbrado y tomacorrientes; permanecerán las existentes

. Tipo	THW	THW	TW	TW	NYY
. Calibre (mm ²)	185	16	16	2.5	2x1x6
. Tensión de servicio (V.)	600	600	600	600	1000
. Temperat. de operac (°C)	75	75	60	60	80
. Capacidad permisible en ducto (A.)	320	75	62	18	72
. Diametro exterior (mm)	23.29	7.07	6.20	3.03	18.73
. Nº de hilos por Diámetro	37x2.5	7x1.7	7x1.7	1x2.5	7x1.35
. Elongación mínima (%)	10	10	10	25	10
. Resistencia a 20°C(Ω/Km)	0.097	1.130	1.130	7.14	3.02
. Peso (kg/Km)	2,089	155	140	25	280

TABLA Nº4.2.-CARACTERISTICAS DE ALIMENTADORES A CARGAS

es decir conductores TW de 2.5 y 10 mm², al igual que los interruptores tipo TICINO.

Para empalmes y derivaciones de cables NYN, se utilizarán empalmes unipolares tipo LVD-0.

b7) Puesta a tierra

La puesta a tierra estará constituida por cuatro varillas cooperweld de 5/8"ø x 2.40m; montados en paralelo en forma vertical y unidos por cable de cobre desnudo semiduro de 70mm² por medio de un conector cooperweld correspondiente. Este sistema estará ubicado como muestra de planos en la subestación. Los conductores de P.T. de los diferentes equipos; también serán de cobre electrolítico de 99.9% de conductibilidad, desnudo, cableado semiduro y de calibres 70, 25 y

10mm² para subterráneo y tipo TW de calibres 35 y 10mm² para conductores en ductos.

b8) Control de nivel

Para el arranque automático de las electrobombas; para proceso de vaciado; se emplearán un interruptor de nivel de líquidos; que consistirá de un relé de control de nivel, (relé de electrodos) con bobina 220Vac, con 5 sondas o detectores de nivel; conforme se muestra en detalle del plano N°IE-06 y consistentes en:

- 1º Nivel Inferior N°1 : Sonda común
- 2º Nivel Inferior N°2 : Parada de bombas
- 3º Nivel Superior N°2 : Marcha de electrobombas 300lt/s en forma alternada
- 4º Nivel Inferior N°3 : Parada de electrobombas 300lt/s en forma paralela.
- 5º Nivel Superior N°3 : Marcha de electrobombas 300lt/s en forma paralela.
- 6º Nivel Superior N°4 : Alarma de máximo nivel, mediante interruptor de nivel.

Los mismos activarán los contactos del relé para el arranque o parada con el fluido en el nivel superior inferior. Los electrodos serán de acero inoxidable.

Igualmente contará con un indicador de nivel formado por una regleta graduada en

- Equipo de arranque de alto factor de potencia $\cos\phi=0.9$ incorporado, removible, intercambiable, compuesto de reactor ALPHA y condensador DNA para lámpara de V.M. de 125W, con pérdida de 12.5 W.
- Soporte de aluminio fundido al silicio, resistente a la acción atmosférica.
- Difusor acrílico con junta de caucho Hypalo hermético, resistente a alta temperatura y a los agentes atmosféricos, con gancho de fijación en acero inoxidable.

b9.4) Lámparas

Se emplearán lámparas de Vapor de Mercurio de alta presión de 220V-60Hz, de potencia 125W., con socket tipo E-27, de 12,000 horas de vida útil y 6,300 lumenes de flujo luminoso.

b10) Alumbrado interior

b10.1) Luminarias

Se utilizarán luminarias fluorescentes, con pantalla reflectora blanco abrillantado, de iluminación directa, con rejilla difusora, con lados protegida de plástico, para montaje de superficie, incorporado con equipo de arranque(balastro y arrancador) de bajo factor de potencia $\cos\phi=0.55$, de precalentamiento, de arranque rápido y de 3 tipos

- Tipo	2x40W	3x40W	1x40W
- Forma	Recto	Recto	Circular
- Dimens(mm):	255x1226	300x1226	306

b10.2) Lamparas

Se emplearán lamparas fluorescentes de gas de neón de 40W-220V-60Hz, serán rectos de 1.20m de longitud y circulares de 0.30m. de diámetro.

4.3 Especificaciones técnicas de montaje

En esta sección especificaremos de manera detallada el procedimiento para la ejecución de montaje electromecánico de la cámara de bombeo.

4.3.1 Condiciones generales de montaje

La ejecución de obras se efectuará preferentemente en época de verano, de enero a marzo, en carencia de lluvias, donde la capacidad de bombeo alcanza hasta los 150lt/s.

a) Alcances de montaje

El montaje de los sistemas mecánico y eléctrico; deberá estar de acuerdo con los siguientes alcances:

a1) Instalación mecánica.

Los alcances del montaje mecánico consistira

- Montaje provicional de motobomba auxiliar existente de 60HP-150lt/s.
- Desmontaje de electrobombas existentes 2 de 255lt/s y 2 de 56lt/s; incluye

desmontaje de válvulas y tuberías de carga y descarga.

- Montaje de 2 electrobombas nuevas de 150HP 300 lt/s y de 2 existentes de 36HP-56lt/s.
- Montaje de tuberías de 12"Ø, 14"Ø, y 18"Ø, accesorios tales como codos de 10" y 18"Ø, reducciones 14-12"Ø, ampliaciones de 10-14"Ø y 14-18"Ø, bifurcaciones de 14-18/18" y 10-18/18"Ø.

a2) Instalación eléctrica

Los alcances de las instalaciones eléctricas estará constituido por:

- Desmontaje y retiro de Subestación barbotante existente de 150KVA-10/0.22KV; incluye equipos de protección, conectores, cables, aisladores, ferretería y postes.
Desmontaje y retiro de Tablero General autosoportado existente en mal estado; incluye conectores, terminales, puestas a tierra, cables alimentadores.
- Desmontaje y retiro de elementos de control de nivel existentes.
- Montaje de Subestación tipo autosoportado, exterior; incluye la instalación de pórticos, crucetas, aisladores, barramien- to, equipos de medición y conexionado.
- Montaje de Tablero General de Distribu-

ción; incluye cimentación y anclaje

Instalación de alimentadores al tablero general; desde la SE con cables tipo NYY y desde el GE con cables tipo THW.

- Instalación de circuitos derivados; desde el tablero general a motores de electrobombas con cables tipo THW y a tableros de alumbrado y tomacorriente con cables TW.
- Instalación de sistema de control de nivel incluye detectores de nivel, cabezal porta electrodos, cableado y conexionado.
- Cambio de los conductores tipo TW en mal estado de los circuitos de alumbrado y tomacorriente de interiores.

Montaje de postes de alumbrado; incluye instalación de pastorales, luminarias y acometida.

Instalación de cables de alumbrado de jardin tipo NYY; incluye señalización.

- Ejecución del sistema de Puesta a Tierra en la subestación con electrodos y mallamiento; incluye conectores, conductores de P.T. desnudo y tipo TW.
- Ejecución de obras civiles de la subestación con mallamiento, pórticos y rypiado.

b) Leyes y reglamentos

El montaje electromecánico deberá cum-

plir con la siguiente reglamentación:

b1) Instalación mecánica

- Reglamento Nacional de Construcciones
- RULCOP (Reglamento único de licitaciones y contrato de obras públicas.
- AWWA (American Water Work Association)
- Hidraulic Institute
- ITINTEC

b2) Instalación eléctrica

- Reglamento Nacional de Construcciones
- Código Nacional de Electricidad
- Normas del Ministerio de Energía y Minas
- RULCOP (Reglamento único de licitaciones y contratso de obras públicas.
- NEMA (National Electrical Manufac. Ass.)

c) Documentación técnica

Para la ejecución del montaje; el postor deberá presentar la siguiente documentación:

- Descripción del método de desarrollo.
- Calendario de ejecución vigente.
- Esquema de equipos de maniobra a emplearse
- Descripción del método y de los equipos a usarse para verificación y pruebas

d) Inspección y pruebas

La supervisión, control de obra y pruebas estará a cargo de un Inspector con calificaciones al menos igual que el Residente de

obra; quién será el encargado de velar directa y permanentemente por la correcta ejecución de obra, en acorde con los planos, especificaciones técnicas y plazos parciales estipulados en el calendario de avance vigente. Al final de obra, las instalaciones deben ser verificadas antes de su puesta en servicio, con ocasión de modificaciones importantes y luego se levantará un Acta de Inspección y Pruebas.

d1) Inspección y pruebas mecánicas

d1.1) Prueba estática para tuberías y accesorios

Consiste en aplicar una presión hidráulica equivalente al 200% de la presión normal como mínimo, durante un tiempo no menor a 30 minutos, después del cual se deberá verificar si existen fugas de aguas por los empalmes o accesorios. Para la bomba de 300 lt/s.-26 m corresponde 37PSI y para la prueba habrá que aplicar 74 PSI.

d1.2) Pruebas en la bomba.

Consistente principalmente en el NPSH (altura de succión neta positiva), cuyo valor crítico se presenta cuando el nivel del agua alcanza su máximo valor pre-establecido. En este caso como quiera que los niveles practicamente coinciden con el

nivel de succión y la altura de succión es mínima; no habrá mayores problemas con el correspondiente NPSH; además se han seleccionado bomba con un NPSH bastante alto (alto grado de succión), a fin de evitar cavitaciones.

Luego las pruebas consistirán principalmente en la verificación de operación de las bombas; se medirá la presión con carga en la tubería de succión, mediante un vacuometro instalado antes del impulsor

A la salida del impulsor se efectua la prueba de presión mediante un manometro; que sumados al del vacuometro deberá dar la Altura Dinámica total HDT.

En general se verifica; la temperatura, presión, vibración del equipo y se chequea que no haya cavitación con carga.

d2) Inspección y pruebas eléctricas

d2.1) Todas las partes de la instalación deberán ser inspeccionados usualmente de manera que cumplan con las medidas de protección requeridas.

d2.2) Comprobación del accionamiento de los dispositivos de protección; tales como interruptores, contactores, relés e indicación de medición y señalización, asi como verifica-

ción del ajuste de pernería y conexionado.

d2.3) Mediciones con valores que permita determinar la efectividad de las medidas de protección y consistirán:

- Resistencia de aislamiento de los tramos de la instalación; con desconexión de las cargas y desenergizadas, con valores que deberán ser no menor a 1000 Ohm/V (CNE V-9.3); se utilizará Meghometro de 500V/10,000Mohm para sistema de 220V y Meghometro de 5,000V/10,000Mohm para 10KV.
- Medición de continuidad de conductores con valores próximos a cero; se utilizará un Meghometro de 500V.
- Medición de resistencia de puesta a tierra con valores no mayor de 5 Ohms; para lo cual se utilizará un Metraterro.

d2.4) Verificación del aislamiento del transformador entre arrollamientos y a tierra.

d2.5) Verificación de la secuencia de fases.

e) Transporte y manipuleo de materiales

El Contratista transportará y manipulará todos los materiales con el mayor cuidado; serán ubicados en los lugares de trabajo, sin arrastrarlos ni rodarlos por el suelo; se utilizarán mano de obra y dirección calificada sin dañar las unidades o partes.

Las pérdidas y roturas que puedan ocurrir durante el transporte serán por cuenta y riesgo del contratista.

f) Control y seguridad en obra

El Contratista empleará en los trabajos, personas idóneas y en la cantidad suficiente, para cumplir con los plazos y la calidad de montaje. El personal relacionado con las pruebas eléctricas deberá tener conocimiento sobre como interrumpir el suministro eléctrico y como auxiliar a las víctimas de descargas eléctricas.

Durante los trabajos, el contratista deberá tomar todas las medidas de seguridad necesarias para evitar accidentes del personal.

El contratista deberá abastecer y velar por la seguridad de todas las herramientas, equipos y materiales disponibles necesarios.

El Contratista adoptará el horario que rige para los trabajadores, de manera que permita el control y conducción sin dificultades.

4.3.2 Montaje de equipos y materiales

La ejecución del montaje, deberá estar de acuerdo al menos con el siguiente procedimiento

a) Montaje mecánico

Se procederá de la siguiente manera:

a1) Montaje provisional de motobomba 60HP-150lt/

Antes del inicio de obra, se deberá efectuar el montaje provisional de una motobomba auxiliar existente de 150lt/s; para lo cuál se efectuará un by pass entre el buzón de ingreso a la cámara y la tubería principal de descarga de 18"ø.

a2) Desmontaje de las electrobombas N° 3 y 4 de 255lt/s.-15m.HDT.

Las mismas que se encuentran en pesimo estado y conjuntamente se desmontarán también las válvulas de compuerta y scheck y tuberías de 14" de diametro.

a3) Desmontaje de las bombas de achique de 56 lt/s y accesorios

Se desmontarán para efectuar el mantenimiento correspondiente y luego su montaje. El desmontaje se efectuará con el mayor cuidado posible de manera de no producir desperfectos; ya que seran utilizados en parte en la nueva instalación.

a4) Montaje de electrobombas**a4.1) Colocación**

- La bomba, el motor y el codo de succión con su base; serán montados en fábrica.

La bomba sera colocada de modo que las tuberías de descarga puedan ser conectados directamente con los accesorios soportados y anclados cerca de la bomba y en forma independiente, de tal manera que ninguna fuerza o tensión sea transmitida a la bomba.

- Las bridas de las tuberías o accesorios; deben ajustar perfectamente con los de la bomba antes de que estas sean ajustadas con los pernos.
- En las bases de concreto existentes se perforarán agujeros con diametro 3 veces mayores a los pernos de anclaje y con distanciamiento de acuerdo a la base del equipo electrobomba.

a4.2) Alineamiento y verticalidad.

Se deberá restablecer el alineamiento hecho en fábrica, a fin de alinear los ejes, se verificará que las dos mitades del acoplamiento presenten la distancia prescrita por el fabricante del acople.

Puede efectuarse la comprobación mediante regla y calibre; las distancias radiales debe ser iguales en ambos ejes, además la distancia axial debe ser igual a toda la circunferencia del acoplamiento, la que

puede comprobarse introduciendo suavemente un "Gauge" entre las dos mitades del acoplamiento pero en diferentes partes de su circunferencia.

El alineamiento del acoplamiento es correcto, cuando midiendo en cuatro planos y girando 90 grados cada vez, no exista un juego mayor de 0.05mm. en sentido axial ni radial.

La electrobomba será colocada sobre la base posición vertical de manera de guardar una perfecta verticalidad, lo cual se obtendrá colocando tantas laines de acero de distintos espesores como sea necesario.

a4.3) Acabado de cimentación

Colocado la electrobomba en la base de cimentación se procede a fijar los pernos a mano y la base debe ser rellenada con mezcla 1:2 (cemento-arena). Los espacios huecos inferiores de la base metálica del equipo, deben ser rellenados con mezcla de concreto, cuidando de no dejar bolsas de aire.

a4.4) Verificación final.

Se comprobará una vez más el alineamiento al terminar totalmente la instalación de la tubería; procediendo de acuerdo con el método de la "Regla" y el "Gauge" descrito.

Después de ajustar correctamente las prensa estopas y verificar el alineamiento se comprobará que el eje gire suavemente a mano.

a5) Montaje de tuberías y accesorios

- a5.1) Toda la tubería será colocada de acuerdo a planos; con los respectivos accesorios de tuberías; tales como: válvulas, niples, codos, reducciones, tees, etc.
- a5.2) Antes de colocar la tubería mientras esté suspendida, deberá ser inspeccionada golpeándose suavemente a todo lo largo con un martillo de peso liviano, para descubrir posibles rajaduras. Si la tubería se encuentra defectuosa será rechazada.
- a5.3) Las tuberías y accesorios deberán mantenerse libre de todo material extraño durante el trabajo.
- a5.4) Los empalmes de tuberías con bridas para formar niples, deberán ser hechos con soldadura de alta penetración.

b) Montaje eléctrico

El Contratista efectuará el montaje eléctrico según el siguiente procedimiento :

- b1) Desmontaje de la Subestación barbotante 150 KVA-10/0.22KV; consistentes en: Desconexión en el cut out existente en el punto de

alimentación en 10KV de Electronorte, desconexión y retiro de cables de llegada y salida del transformador, desmontaje de seccionadores cut out, pararrayos, aisladores, ferretería, desmontaje de transformador y entrega a Electronorte, desmontaje de postes y accesorios de concreto de la subestación aérea barbotante.

b2) Desmontaje de tablero general autosoportado; consistentes en : Desconexión y retiro de circuitos derivados a bombas N° 3 y 4 con sus ductos, desconexión de circuitos derivados a bombas N° 1 y 2, desconexión del alimentador del grupo electrógeno y desmontaje y retiro del tablero.

b3) Desmontaje y retiro de elementos de control de nivel.

b4) Montaje de subestación

El contratista llevará a cabo todas las operaciones de montaje del transformador hasta su puesta a punto para la operación, según la intensión de esta especificacion, planos y las instrucciones del fabricante.

b4.1) Los porticos conformados por postes y cruce-tas se instalarán conforme se indica en los planos. La cimentación de postes se efectuará con mezcla de concreto de 1:8, con

30% de piedra mediana 6-8" y guardando una perfecta verticalidad, las crucetas se fijarán a los postes con pernos maquinados de 5/8"Ø; debiendo guardar perfecta perpendicularidad al eje de los postes.

b4.2) Luego de izado los postes y colocado de las crucetas, se procederá al armado y montaje de los aisladores de suspensión, luego la instalación del barramiento con cable de cobre desnudo de 25mm². e instalación del cable al punto de alimentación.

b4.3) El equipo de protección; tanto los seccionadores como los pararrayos; se montará en la estructura de soporte correspondiente, tal como se indica en los planos. Los polos de cada seccionador estarán alienados con precisión sobre dichas estructuras.

b5) Montaje de equipos de medición en 10KV.

Los equipos de medición se instalarán en el poste de 12/300 exterior a la propiedad que corresponde al punto de alimentación y con seccionadores cut out existentes.

b5.1) Montaje de dos crucetas de madera de 0.10x0.15x1.50m en el poste de 12m. mediante pernos maquinado de 5/8"Ø y separadores de tacos de madera, sobre los cuales se instalarán y fijarán con pernos 1/2"Ø un

transformador de tensión trifásico y dos transformadores de corriente.

b5.2) Construcción de un murete de concreto de 1.20x1.20x0.30m. al pie del poste 12/300 con inclusión de cajas de toma y portamedidores e instalación de contadores de energía activa y reactiva.

b5.3) Cableado y conexionado con cables NYY 6-1x6mm² en ducto PVC-SAP 4"Ø entre transformadores y contadores de energía y con cables de cobre desnudo 25mm². entre cut outs y transformadores.

b6) Instalación de tablero general

b6.1) El contratista efectuará el acondicionamiento de la base de cimentación para el nuevo tablero; lo cual empleará concreto con una mezcla de 1:3:5 (cemento, arena, ripio) y con dimensiones de acuerdo al tablero. Montaje del tablero en la base de concreto, nivelación mediante lanas de acero y acabado de cimentación.

b6.2) El cableado para interconexión de los elementos; se harán con conductores cableados tipo THW y terminales apropiados. El recorrido y conducción de conductores será en lo posible ordenado de manera que guarden un perfecto peinado; para lo cual deberán

emplearse tableristas experimentados y competentes.

b7) Instalación de alimentadores principales

Básicamente consistirá en los alimentadores al tablero general:

- b7.1) Para la alimentación desde la subestación; se efectuarán roturas de concreto y excavación de zanja con dimensiones 0.50x0.60m. conforme se indica en los planos. Se realizarán el tendido de conductores de energía y puesta a tierra en la misma zanja sobre una capa de tierra zarandeada de 10cm. de alto; se manipularán cuidadosamente para evitar cualquier tipo de daño, deben ser desenrollados y desenredados lentamente los conductores; para prevenir daños en el aislamiento debido a una doblada súbita, sobre los cables llevará otra capa de tierra zarandeada de 20cm. de alto y sobre esto cinta zeñalizadora de color amarillo y luego relleno de tierra sin piedras.
- b7.2) La alimentación al tablero desde el grupo eléctrógeno existente; será el mismo cable existente 500mm²-THW en canaleta con tapa.

b8) Instalación de circuitos derivados

Constituirá los alimentadores a las electrobombas con cables tipo THW y a los

sub tableros de alumbrado y tomacorriente con cables tipo Tv.

b8.1) Las tuberías serán rigidamente fijadas con grampos de doble oreja de fierro galvanizado y correrán paralela o perpendicular a las estructuras principales; después de 3 curvas de 90°; se proveerán cajas de paso los cambios de dirección serán hechos con curvas que tendrán como mínimo un radio de 6 veces el diametro de la tubería; los espalmes entre tuberías accesorios adherirán con pegamento PVC; usarán tuercas contratuercas y bushing cuando tubería ingrese a los gabinetes metálicos.

b8.2) Se embutirán los conductores en las tuberías para lo cual el jalado del cable dentro de las tuberías se hará con todo el cuidado posible con un mínimo de cambios de dirección o cantidad de dobladuras. Todos los cables contenidos en un sistema de tubería se jalarán juntos.

b9) terminales

Se usarán terminales para la conexión de conductores a los equipos. Para todos los tamaños de conductor se usarán terminales de cobre para soldar.

b10) Instalación de sistema de puesta a tierra

El sistema de puesta a tierra tiene por finalidad conectar a tierra las carcadas de los transformadores, motores, los gabinetes metálicos de tableros, el secundario de los pararrayos y transformadores de medida.

b10.1) La puesta a tierra será instalada conforme indican los planos, mediante 4 varillas cooperweld de 16mm.Ø x 2.40m. de longitud, instalado paralelamente en forma vertical separados uno del otro a 3.00m. y unidos por un reticulado de cable de cobre desnudo de 70mm².

b10.2) Las conexiones a las varillas serán hechas con conectores cooperweld para los cables indicados y de acuerdo a las instrucciones del fabricante de los conectores. Las conexiones a equipos serán empernados y accesibles a la inspección.

b11) Instalación del sistema de control de nivel

b11.1) Se instalará el equipo de control de nivel en el lugar indicado en los planos; se perforará el techo para empotramiento del marco de cabezal portaelectrodos, se fijará esta, con sus respectivas sondas detectoras de nivel. La instalación de tubería y jalado de cables se harán similarmente a lo indicado

en el ítem 5.10.3b, se realizarán las conexiones con sus respectivos terminales a los relés de control de nivel en el tablero.

b11.2) Se instalará el control de nivel visual, conformado por una regleta graduada en m³ adosada a la pared con indicador en un cordel accionado por flotador y contrapeso; el flotador discurrirá en el interior de una tubería ranurada de PVC-SAP

b11.3) Para caso de emergencia por falta de energía o falla de control de nivel, se instalará un interruptor de nivel tipo final de carrera de 12VDC, que deberán activar a una sirena.

b12) Instalación de alumbrado de exteriores

b12.1) Se izarán postes de C.A.C. 8/200, mediante cimentación con concreto 1:8, se instalará sus respectivos pastorales cimentados con concreto tipo mortero, se instalarán sus bases cortacircuito.

b12.2) Tendido de cables NYY 2-1x6mm², de forma similar a lo indicado en b7.1). El conexio-
nado se efectuará cuidadosamente utilizando los empalmes unipolares LVD-1 y LVD-0.

b12.3) En el montaje de las luminarias y lámparas y las conexiones a la red; se tendrá especial cuidado, probando previamente la conexión, el aislamiento y el buen funcionamiento del

equipo.

b13) Instalación de alumbrado de interiores

Se instalarán las luminarias fluorescentes de los tipos 3x40W, 2x40W y 1x40W adosados al techo o pared mediante tacos de expansión con pernos de 1/4"ø; se tendrá especial cuidado al instalar las lámparas y pantallas difusoras.

b14) Obras civiles

El contratista efectuará todos los trabajos de movimiento de tierra, nivelación y excavación para cimentación de cercos y equipos.

Las excavaciones, nivelación y cimentación se efectuarán en las dimensiones y niveles mostrados en los planos respectivos o según indique el Ingeniero.

Se ejecutará el cerco perimétrico de la SE, mediante cimentación de 0.40m y sobrecimiento de 0.30m con concreto de 210Kg/cm². empotrados los parantes de 2"ø conforme muestra los planos y con mallas metálicas soldados a los parantes, debiéndose pintar las partes de soldadura con anticorrosivo y acabado color aluminio, se instalará la puerta metálica con sus respectivas bisagras y cerradura. Tanto el cerco y las puertas

estarán conectados a tierra.

Se efectuará el rypiado de la subestación con piedra chancada de 3/4" y una capa de 4" como mínimo.

b15) Limpieza

El contratista será responsable de mantener, su area de trabajo limpia de desechos; hasta terminar el trabajo, se retirará todos los desechos y escombros.

b16) Respecto al grupo electrogeno de emergencia de 180KW, la Propietaria se hará cargo de la reparación y rehabilitación. Igualmente la Propietaria efectuará la limpieza de la cámara húmeda.

CAPITULO V

METRADO Y PRESUPUESTO

5.1 Generalidades

El metrado y presupuesto del presente proyecto, es el requerimiento necesario en cantidad y costo de: materiales, mano de obra, equipos, herramientas, transporte, gastos generales y utilidades; que servirán como base para una licitación y cuyos postores deberán someterse a las mismas o hacer las consultas.

Para nuestro caso se considerarán partidas por separados para el metrado y presupuesto de Instalaciones Mecánicas e Instalaciones Eléctricas; con un resumen general de presupuesto, conforme se muestran en los anexos correspondientes.

Las partidas no consideradas en el presente metrado y que sean imprescindibles para la ejecución y terminación de las obras; serán considerados como adicionales y que estarán de acuerdo a los artículos correspondientes del RULCOP.

5.2 Criterios básicos para la elaboración del metrado y presupuesto

Para el requerimiento de materiales y equipos y su montaje electromecánico; procederemos a elaborar en base a planos de proyecto y especificaciones técnicas

y cuyos resultados con el detalle de partidas se muestran en el anexo "A"; según lo siguiente:

- a) Anexo "A-1" Instalación mecánica según planos Ns. IM-01-03 al IM-03-03.
- b) Anexo "A-2" Instalación eléctrica según planos Ns. IE-01-06 al IE-06-06.

Para el análisis de precios, es necesario tener en cuenta criterios básicos que nos permita establecer los costos del presente proyecto.

5.2.1 Suministro de materiales y equipos

Para establecer los precios correspondientes a los diversos materiales y equipos; se ha tomado como referencia las cotizaciones de los diferentes proveedores y en ciertos casos se han ajustado algunos precios al mes de octubre de 1994.

En los metrados de los materiales están incluidos los excesos para las pérdidas y repuestos de las instalaciones.

5.2.2 Montaje electromecánico

El presupuesto calculado para el montaje electromecánico de los materiales y equipos; han sido elaborado en base al análisis de precios unitarios y cuyo procedimiento se indica en la sección 5.3 y cuyo desarrollo se muestra en el anexo "B" partes "B-1" y B-2".

5.2.3 Transporte de materiales y equipos

Al igual que en la sección 5.2.1, los precios para el transporte de materiales y equipos, se ha tomado en cuenta las cotizaciones de los diferentes transportistas desde Lima.

5.2.4 Gastos generales

Los gastos generales, se ha elaborado en base al tipo de ejecución de obra que resulta en el análisis de montaje anexos B-1 y B-2, que en nuestro caso es de 90 días calendario; para esto se ha tomado en cuenta los gastos generales directamente relacionados con la obra y los gastos generales indirectos no relacionados con la obra, conforme se muestra en el anexo B-3.

5.3 Análisis de costos unitarios

En el presente punto analizaremos los precios unitarios del montaje electromecánico considerado en cada ítem de las partidas correspondientes, conforme se muestra en el anexo B partes B-1 y B-2. En cada análisis se tendrá en cuenta los rendimientos promedios por cada día de trabajo normal; para luego estimar la cantidad de mano de obra por categorías, los equipos, herramientas y material consumible requerido.

Igualmente se analizan los gastos generales; correspondientes a los gastos directos e indirectos; las mismas que se muestran en el anexo B-3.

5.4 Fórmulas polinómicas

Debido a la constante variación de los precios de los elementos que determinan el valor de la obra; se ha elaborado la "Fórmula Polinómica de Reajuste de Precios" a fin de reconocer en forma oportuna los mayores costos para no afectar el cumplimiento de los plazos de ejecución de obra.

Para la elaboración de la formula se ha tomado en cuenta basicamente; el presupuesto, análisis de precios unitarios y las normas indicadas en el libro del "Sistema de Reajuste de Precios por Fórmula Polinómica en la Construcción"; editado en la "Cámara Peruana de la Construcción". Los detalles de la fórmula polinómica se muestran en el anexo "C" partes C-1 y C-2.

5.5 Cronograma valorizado de avance de obra

Se ha elaborado un programa mensual para la buena ejecución de la obra, conforme muestra el anexo "D" partes D-1 y D-2; en los mismos se indican por barras las partidas a ejecutar en orden de prioridad y sin que una partida entorpesca la ejecución de otro

El cronograma esta valorizado mensualmente y se ha tomado como base el presupuesto y el análisis de precios unitarios.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La capacidad proyectada de la cámara, garantizará la evacuación de las aguas residuales y pluviales hasta un período de 30 años (1994 a 2024); evitando incluso la inundación de la ciudad en caso de ocurrir lluvias torrenciales, como lo sucedido en el año 1983.

La nueva instalación a ampliarse es la más óptima; habiendo utilizado al máximo los ambientes e instalaciones existentes y haber acomodado en ellos la modificación y ampliación de las instalaciones.

Básicamente la cámara estará conformado; de dos electrobombas de 300 lt/s.-26 m. HDT y dos electrobombas de 56 lt/s.-31m. HDT, controlados manualmente o automáticamente desde un tablero autosoportado 220V y alimentados a través de una subestación tipo superficie de 10/0.22 KV-315 KVA.

- En el estudio de cargas resulto un caudal máxima de 600 lt/s; las mismas que corresponden incluyendo los servicios auxiliares a una potencia instalada de 298KW y demanda máxima de 236 KW, con un factor de demanda 0.79
- El control de nivel es a través de relés, accionado por sensores de nivel del tipo electrodos; la misma que

controla el funcionamiento manual o automático de las electrobombas programadas.

Para el caso de corte de energía de Electronorte; se utilizará el grupo electrogeno de emergencia de 180KW. 220 V. Como seguridad permanecerá la motobomba auxiliar de 150 lt/s.-15 m. HDT.

Para el suministro y montaje de equipos y materiales; se recomienda que en lo mínimo deberá cumplir con lo especificado en el presente proyecto.

Se recomienda que el mantenimiento de la cámara deberá efectuarse como mínimo una vez al año y en la época de verano; tomando en cuenta las recomendaciones de los fabricantes. En el período de mantenimiento se hará uso de la motobomba auxiliar.

- Se recomienda el control visual horario de los instrumentos de medición; debiendo el operador tomar lectura de: la hora, amperaje, voltaje y volumen bombeado. El operador deberá verificar igualmente si los sensores de nivel y relés están actuando en los niveles mínimos, que han sido establecidos.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- CODIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD TOMO IV - SISTEMAS DE DISTRIBUCION. Ministerio de Energía y Minas del Perú. Lima 1978.
- 2.- CODIGO NACIONAL DE LECTRICIDAD TOMO V - SISTEMAS DE UTILIZACION. Ministerio de Energía y Minas del Perú. Lima 1986.
- 3.- CONTROL DE MOTORES ELECTRICOS. Autor R.L. Mc Intyre. Edición MARCOMBO. Barcelona 1971.
- 4.- DISEÑO DE LA PROTECCION Y MANDO DE MOTORES ELECTRICOS Autor Luis Centeno de la Cruz. Edición U.N.I. Lima 1978.
- 5.- LA CIENCIA DE LA PUESTA A TIERRA DE SISTEMAS DE ENERGIA. Autor Dinkar Mukhedkar. Montreal 1978.
- 6.- MANUAL DE HIDRAULICA. Autores J.M. Azevedo Netto y Guillermo Acosta Alvarez. Edición HARLA. Mexico 1976.
- 7.- MANUAL DE LAS INSTALACIONES DE DISTRIBUCION DE ENERGIA ELECTRICA. Autor Brown Boveri & Cia.. Edición URMO S.A.. Bilbao 1983.

- 8.- MANUAL DE INSTALACIONES INDUSTRIALES, CONTROLES Y AUTOMATISMO. Autor Luis Flower. Edición TELEMECANIQUE Colombia 1982.
- 9.- MANUAL DE SISTEMA DE REAJUSTE DE PRECIOS POR FORMULAS POLINOMICAS EN LA CONSTRUCCION. Autores Rodolfo Castillo y Juan Sarmiento. Edición CAPECO. Lima 1992
- 10.-MODERN ELECTRIC CONTROLS. Autor B. y J.F. McPartland. Edición McGRAW HILL. U.S.A. 1986.
- 11.-MANUAL DE ALUMBRADO. Autor WESTINGHOUSE. U.S.A. 1975
- 12.-REGLAMENTO UNICO DE LICITACIONES Y CONTRATOS DE OBRAS PUBLICAS. Edición CAPECO. Lima 1993.