

# Universidad Nacional de Ingeniería

FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA



## “ Captación de Agua del Río Ucayali Mediante Barcaza Flotante para Planta de Tratamiento de la Ciudad de Pucallpa ”

**T E S I S**

PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO MECANICO**

**ROSENDO VALERIANO GUILLEN SALAS**

PROMOCION: 1979 - I

**LIMA • PERU • 1986**

## UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA

FACULTAD : INGENIERIA MECANICA  
AUTOR : ROSENDO V. GUILLEN SALAS  
ESPECIALIDAD MECANICA  
CODIGO : 740272E  
PROMOCION : 79-I  
TITULO : CAPTACION DE AGUA DEL RIO UCAYALI MEDIANTE  
BARCAZA FLOTANTE PARA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA CIUDAD DE PUCALLPA.

### CONTENIDO

#### PROLOGO

1. INTRODUCCION
2. MEMORIA DESCRIPTIVA
  - 2.1 Antecedentes
  - 2.2 Objeto
  - 2.3 Alcance del Proyecto
  - 2.4 Características Principales del Area del Proyecto
  - 2.5 Descripción General del Funcionamiento Hidráulico de la Planta de Tratamiento de Agua Potable.
    - 2.5.1 Captación mediante Barcaza Flotante
    - 2.5.2 Cámara de Oistribucción
    - 2.5.3 Tanque de Contacto de Sólidos
    - 2.5.4 Sala de Dosificación y Cloración
    - 2.5.5 Filtros Rápidos Mixtos
    - 2.5.6 Reservorio de Agua Tratada

2.5.7 Sala de Bombas

2.6 Descripción del Funcionamiento Eléctrico

2.6.1 Casa de Fuerza

3. FACTORES BASICOS DE DISEÑO

3.1 Densidad Población y Período de Diseño

3.2 Estimación de la Demanda Futura

3.3 Dotación

3.4 Capacidad de la Captación de Agua para Planta de Tratamiento.

4. CALCULO Y DISEÑO DE LOS EQUIPOS ELECTROMECANICOS DE LA CAPTACION.

4.1 Cálculo y Diseños de los Equipos de Bombeo - Línea de Impulsión.

4.1.1 Dimensionamiento de la Tubería de Impulsión

4.1.2 Determinación de la Altura Dinámica Total

4.1.3 Determinación del Número de Bombas

4.1.4 Cálculo de Motores Eléctricos

4.1.5 Cálculo y Diseños de los Tableros de Control de Motores e Iluminación.

4.1.6 Cálculo del conductor de alimentación eléctrica

4.2 Cálculo y Diseño de la Barcaza Flotante

4.2.1 Definición de las Características Generales

4.2.2 Descripción General del Casco de la Barcaza

4.2.3 Condiciones Básicas de la Barcaza

4.2.4 Requerimientos de espacio para equipos electromecánicos y accesorios.

- 4.2.5 Diseño Inicial de la Barcaza
- 4.2.6 Cálculos Flotabilidad y Estabilidad
- 4.2.7 Cálculos de Resistencia Estructural Global
- 4.2.8 Diseño final
- 4.2.9 Sistema Auxiliares para anclaje
- 4.2.10 Protección Contra Corrosión

#### 4.3 Diseño de Sub-Estación de Transformación

- 4.3.1 Estimación de Demanda de Energía
- 4.3.2 Cable de Alimentación
- 4.3.3 Cabeza Terminal
- 4.3.4 Seccionador de Potencia
- 4.3.5 Barras de Alta Tensión
- 4.3.6 Aisladores Portabarras
- 4.3.7 Seccionador Fusible
- 4.3.8 Transformador
- 4.3.9 Celda de Alta Tensión
- 4.3.10 Tablero de Baja Tensión
- 4.3.11 Ventilación de Caseta de Transformación

### 5. CENTRAL DIESEL

- 5.1 Potencia de la Central
- 5.2 Selección de Grupo Electrógeno
- 5.3 Cimentación
- 5.4 Tablero de Control
- 5.5 Tanque de Combustible Diario, Quincenal y Sistema de Tuberías.

## 6. METRADO Y PRESUPUESTO DE OBRA

### 6.1 Fórmula Polinómica

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

PLANOS

APENDICES

Especificaciones Técnicas de Equipos y Accesorios

## CAPITULO I

### 1. INTRODUCCION

El presente Proyecto titulado "CAPTACION DE AGUA DEL RIO UCAYALI MEDIANTE BARCAZA FLOTANTE PARA LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LA CIUDAD DE PUCALLPA" ha sido realizado para dotar de Agua Potable y mejorar el servicio existente de la Ciudad de Pucallpa. Hasta antes de ejecutar este Proyecto el abastecimiento de agua potable era muy deficiente y de poca calidad.

El financiamiento de la obra se ha realizado gracias al Convenio del Gobierno Peruano a través de su Organismo representante "SENA PA" con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), considerado en la 3ra. Etapa del Plan Nacional de Agua Potable y Alcantarillado.

La Ciudad de Pucallpa tiene un alto índice de crecimiento poblacional e industrial, lo que conlleva a prevenir las necesidades de consumo futuras de agua. Teniendo presente que el caudal y cauce del río Ucayali varían en el transcurso del año; se proyectó este tipo de captación considerando la solución más apropiada, que consta de una Barcaza Flotante de 16 m. de eslora, 7.20 m. de manga y 2 m. de puntal, construída con ángulos y planchas de acero estructural A-36 de 36,000 lbs/pulg<sup>2</sup>., de 1/4" de espesor, con tubería flexible a la salida de la Barcaza.

Todos los equipos electromecánicos han sido seleccionados en base a criterios técnicos, catálogos, y recomendaciones de los fabri

cantes; asimismo, con las dimensiones y configuración finales, se han calculado los parámetros principales de la Barcaza Flotante - tales como: La Estabilidad, Flotabilidad y Resistencia Estructu - ral Global.

## CAPITULO II

### 2. MEMORIA DESCRIPTIVA

#### 2.1 ANTECEDENTES

La Ciudad de Pucallpa se abastece de agua del Río Ucayali; cu  
ya captación consta de 2 equipos de bombeo en una pequeña ba  
sa en malas condiciones; el agua es tratada en una pequeña  
Planta de Tratamiento compuesta de: mezcla, floculación, sed  
imentación, filtración y desinfección, con una capacidad de  
130 lts/seg.

En vista de que las necesidades de la ciudad de Pucallpa son  
mucho mayores que la capacidad de la actual Planta de Trata -  
miento; se ha proyectado el diseño a nivel de obra de una nue  
va captación que se efectuará mediante una Barcaza Flotante -  
ubicada dentro del Río Ucayali; una nueva Planta para una ca-  
pacidad de 650 lts/seg. y una nueva Línea de Impulsión de  
aproximadamente 923 m.

#### 2.2 OBJETO

El presente trabajo consiste en la elaboración del Proyecto de  
la captación de agua del Río Ucayali para la nueva Planta de  
Tratamiento de la Ciudad de Pucallpa; así como la selección -  
del equipamiento electromecánico de la misma, para satisfacer  
así las necesidades de agua de la población de esta Ciudad.

## 2.3 ALCANCE DEL PROYECTO

Este estudio abarca: el dimensionamiento de la tubería de impulsión de la captación a la planta, cálculo y diseño de los equipos electromecánicos, cálculo y diseño de la Barcaza Flotante; diseño de la sub-estación de transformación y central diesel de emergencia y para tener idea de los costos de ejecución la elaboración del metrado y presupuesto con su respectiva fórmula polinómica que permita conocer el costo real de la obra en el tiempo según la variación de los índices de reajustes.

## 2.4 CARACTERISTICAS PRINCIPALES DEL AREA DEL PROYECTO

### 2.4.1 ASPECTOS GENERALES

#### a) Ubicación

La Ciudad de Pucallpa del Distrito de Callarúa es capital de la Provincia de Coronel Portillo del Departamento de Ucayali; se encuentra ubicada a orillas del Río Ucayali sobre la margen izquierda; geográficamente la zona se halla en los 8º20' de Latitud Sur y 74º37' de Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich.

Está considerado como el segundo Puerto fluvial de nuestra Amazonía, es un centro comercial e industrial importante.

Su industria principal es la madera, habiendo cobrado últimamente mucho auge la explotación del petróleo.

b) Topografía

A pesar de estar la ciudad de Pucallpa ubicada en la zona selvática del área que ocupa es un poco accidentada existiendo varias hondonadas o cañas que sirven de drenaje natural para las fuertes precipitaciones pluviales, siendo 3 las que drenan directamente al Río.

c) Hidrografía

El Río Ucayali corre aproximadamente en dirección Sur-Norte y en forma paralela a la Ciudad. Su ancho superficial en esta zona se puede fijar en unos 600 m. y sus márgenes son zonas inestables.

Las variaciones del nivel de agua entre las descargas máxima y mínima es de aproximadamente 11 m., llegando el nivel máximo del Río a la cota 147.0 y el nivel mínimo a la cota de 136 m.s.n.m.

d) Geología

El suelo de esta zona está formado por terrenos del tipo arcilloso alternado con estratos arcillo-arenosos.

La napa freática se encuentra a una profundidad que varía entre los 6.00 y los 14.00 m. del nivel medio de la población dependiendo de la cercanía del Río.

e) Clima

Como toda región de la selva su clima es tropical, con al

ta precipitación pluvial, normalmente llueve todo el año.

La precipitación anual promedio es de 1,422.8 m.

Pucallpa registra una de las mayores temperaturas de nuestro territorio llegando hasta 40°C, la temperatura media anual es de 26.7°C promedio de 20 años.

#### 2.4.2 VIAS DE TRANSPORTE

La Ciudad de Pucallpa tiene 3 vías de transporte: aérea, terrestre y fluvial, siendo el nexo entre el Océano Pacífico y el Atlántico por su condición de ser final de carretera y principio de navegación fluvial.

### 2.5 DESCRIPCION GENERAL DEL FUNCIONAMIENTO HIDRAULICO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE

La Planta de Tratamiento de Agua Potable está ubicada dentro de la Ciudad de Pucallpa en el cuadrilátero formado por la intersección de los jirones 28 de Julio, Bolívar, Manco Cápac y Mariscal Castilla; y ha sido diseñada para una capacidad de 520 lts/seg., teniendo en cuenta que el rendimiento de la planta antigua es de 130 l.p.s., y la fuente de abastecimiento es el agua del Río Ucayali.

Las etapas de tratamiento del agua se aprecia mejor en el Diagrama N° 2.5

#### 2.5.1 CAPTACION MEDIANTE BARCAZA FLOTANTE

La captación de las aguas del Río Ucayali se efectuará por me

dio de una Barcaza Flotante de 16 m. de eslora, 7.20 m. de manga y 2.0 m. de puntal; con una pequeña estructura o caseta para proteger los equipos; y será ubicada dentro del Río Ucayali a unos 200 mts. de la margen izquierda en la prolongación del jirón Arica.

La Barcaza Flotante está equipada con 5 equipos de bombeo de 162.5 l.p.s. y 35 m. de A.D.T.; con sus respectivos tableros eléctricos y accesorios para la línea de impulsión, además está equipada con un puente grúa.

La Barcaza Flotante tiene 4 anclas en las esquinas de la Barcaza, además está anclada a la orilla.

La Línea de Impulsión entre la captación flotante y la cámara de distribución, es de asbesto-cemento de  $\varnothing$  24" clase 105 lbs/pulg.2; la línea está anclada en un tramo aproximado de 150 m. y se empalmará mediante una transición de fo.fdo. A.C. y una "Y" de 24" x 14" a los 2 tramos de manguera flexible de  $\varnothing$  14" que van hasta la salida de la Barcaza Flotante.

#### 2.5.2 CAMARA DE DISTRIBUCION

La función principal de la Cámara de Distribución es asegurar la repartición del caudal en partes iguales a los 2 tanques de contacto de sólidos, es decir, divide hidráulicamente el flujo en 2 mitades.

El ingreso de la tubería de impulsión a la Cámara es por el fondo mediante una Tee y una válvula para limpieza. De la

caja salen dos tuberías de Ø 18" una para cada tanque y es controlada con su respectiva válvula.

### 2.5.3 TANQUE DE CONTACTO DE SOLIDOS

De la Cámara de Distribución el agua pasa a los 2 tanques de contacto de sólidos que son circulares de 20 m. de diámetro y una altura de agua de 5.80 m.; en la parte central tiene un compartimiento circular, por la parte inferior ingresa el agua, en ésta parte se agregan los reactivos (Sulfato de Alúmina) que son agitados por medio de una turbina a una velocidad adecuada para permitir la formación del flóculo, en esta zona llamada de reacción se produce la mezcla y floculación, luego el agua por rebose pasa a la zona de Decantación donde los flóculos se sedimentan, se van asentando en la parte inferior del tanque.

Estos tanques están provistos de un sistema de barrido en la parte inferior; mediante este sistema se consigue un espesamiento de los fangos, que son arrastrados a las fosas, de donde se evacúan en forma intermitente mediante válvulas automáticas de membrana, cuyo cierre se consigue aplicando una presión de agua y la apertura de las válvulas es accionada por electroválvulas de 3 vías conectadas a un programador.

El agua decantada pasa a la batería de filtros por medio de una canaleta ubicada en la parte superior.

### 2.5.4 SALA DE DOSIFICACION Y CLORACION

En esta sala están los equipos de dosificación y cloración.

Los dosificadores de productos químicos controlan la adición de éstos al agua, de acuerdo a los análisis de las aguas crudas que entran a la planta, las características físicas y las impurezas que contenga y que es preciso remover, es que se aplicará la dosis adecuada para el agua en específico.

Los dosificadores son, pues, los equipos que facilitan la adición propicia de los distintos componentes químicos a añadir al agua para lograr su pureza óptima.

La solución de dosificación es aplicada en los tanques de contacto de sólidos, en la zona de reacción o zona de mezcla.

Y como se sabe el cloro se utiliza para la desinfección del agua, que es una de las operaciones que reviste mayor importancia a un sistema de tratamiento de agua potable; eliminando las bacterias y oxida las materias orgánicas en una dosis adecuada para lograr agua bacteriológicamente pura.

El cloro es aplicado en la tubería de agua filtrada a la salida de la batería de filtros.

#### 2.5.5 FILTROS RAPIDOS

De los tanques de contacto el agua pasa a 2 baterías de filtros. La filtración viene a ser un tratamiento acabado y de seguridad necesario cuando se destina el agua al consumo humano.

En el lecho filtrante queda toda partícula de flóculo o par-

tícula extraña que pasa de los tanques de contacto de sólidos. Para una buena filtración es preciso que los materiales que componen el lecho filtrante se elijan cuidadosamente, tanto en su granulometría, como en la altura de capa, de modo que el filtrado responda a la calidad deseada.

Los filtros se acolmatan a medida que su lecho se carga de materias retenidas; cuando el atascamiento alcanza un valor excesivo o la calidad de filtrado no es aceptable, se debe proceder al lavado del lecho filtrante.

#### 2.5.6 RESERVORIO DE AGUA TRATADA

El agua filtrada pasa al Reservoirio Apoyado, que es un depósito, cuya función es almacenar el Agua Potable para ser bombeada a la población para el consumo.

#### 2.5.7 SALA DE BOMBAS

La Sala de Bombas aloja 6 equipos de bombeo de agua tratada , con sus respectivos tableros eléctricos.

De los 6 equipos de bombeo; 2 son utilizados para el lavado - de las 2 baterías de filtros y los otros 4 equipos son para suministrar el agua a la población.

La Sala de Bombas está ubicada al costado del reservorio, tal es que la succión de los equipos de bombeo tiene comunicación con el reservorio.



## 2.6 DESCRIPCION DEL FUNCIONAMIENTO ELECTRICO

La energía eléctrica es suministrada por ELECTROCENTRO S.A. y para casos de emergencia se tiene un grupo electrógeno - Caterpillar que es interconectado mediante un tablero de - conmutación, que recibe energía de una de las dos fuentes: Electrocentro o Grupo Electrónico.

### 2.6.1 CASA DE FUERZA

El funcionamiento eléctrico de la planta de Agua Potable, - se aprecia en el diagrama unifilar adjunto. La casa de fuerza aloja a todos los equipos que se representan en el diagrama unifilar Nº 2.6.1.

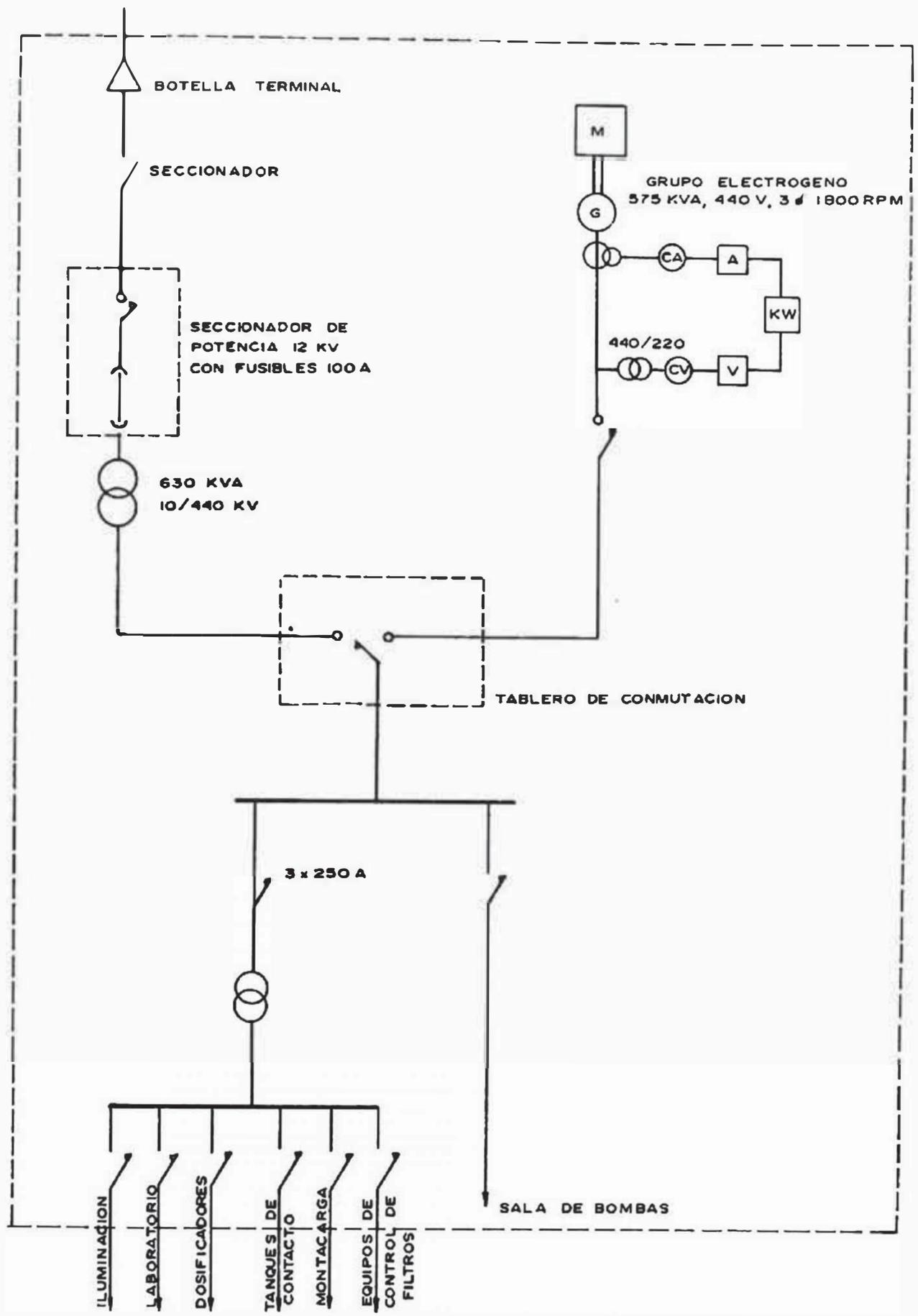


DIAGRAMA UNIFILAR DE EQUIPOS CASA DE FUERZA (N° 2.6.1)  
 FUNCIONAMIENTO ELECTRICO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA

## CAPITULO III

### 3. FACTORES BASICOS DE DISEÑO

#### 3.1 DENSIDAD, POBLACION Y PERIODO DE DISEÑO

Según el Censo de 1961 la población de Pucallpa contaba con 26,391 habitantes, en el Censo de 1972 la población ascendía a 56,845 habitantes y según el último Censo realizado en 1981 la población es de 120,660 habitantes (incluyendo la población de migración).

Según las Normas para Proyectos de Agua Potable y Alcantarillado destinados a localidades urbanas del Ministerio de Vivienda y Construcción recomienda que para el diseño de obras de ciudades con más de 20,000 habitantes se considerará un período de diseño de 10 años.

Con los datos de los Censos y mediante el ajuste de mínimos cuadrados determinaré la población para los años 1984 y 1994 período de diseño. Método recomendado en "Análisis Poblacional - Programa Regional OPS/EHP/CEPIS de Mejoramiento de calidad de agua para consumo humano".

##### 3.1.1 METODO DE LOS MINIMOS CUADRADOS PARA LA DETERMINACION DE LA POBLACION

En este Método, se supone que para la posición correcta de la curva, es mínima la suma de los cuadrados de las desviaciones de los puntos observados respecto a la curva. Este Método es estadísticamente sano si los errores experimenta -

les están distribuidos normalmente.

El primer paso para la aplicación del Método de los mínimos cuadrados es el de establecer la forma general de la ecuación de la curva; esto puede hacerse trazando una curva preliminar al ojo y estimar por aproximación la forma de su ecuación. La determinación de la forma de la ecuación puede ser relativamente simple cuando la curva aparece como una línea recta en coordenadas rectangulares, semilogarítmica o logarítmica. En otro caso la ecuación puede ser compleja y entonces, no es fácil obtener la curva o la forma de su ecuación.

Para el caso de una recta que es el caso  $y = a + b x$  los valores de "a" y "b" se determinan resolviendo las siguientes ecuaciones:

$$na + b\sum(x) = \sum(y) \dots\dots\dots (1)$$

$$a \sum(x) + b \sum(x^2) = \sum x.y \dots\dots (2)$$

para el caso tenemos:

AÑO	n	x	y	xy	x <sup>2</sup>
1961	1	1.1	26.391	29.030	1.21
1972	2	2.2	56.845	125.059	4.84
1981	3	3.1	120.660	374.046	9.61
		$\sum 6.4$	$\sum 203.896$	$\sum 528.135$	$\sum = 15.66$

$$\text{en (1)} \quad 3a + 6.4b = 203.896$$

$$\text{en (2)} \quad 6.4a + 15.66b = 525.496$$

Resolviendo las 2 ecuaciones:

$$a = -31.07$$

$$b = 46.4237$$

Luego la ecuación de la recta será:

$$y = -31.07 + 46.4237 x$$

con lo que se tiene los nuevos valores:

AÑO	X	Y
1961	1.1	19,996
1972	2.2	71,062
1981	3.1	112,843
1984	3.4	126,771
1994	4.4	173,194

De este Cuadro se desprende que la población para el período de diseño año 1994 es de 173,194 habitantes.

Según el Boletón Especial Nº 9 de la Dirección General de Demografía del Instituto Nacional de Estadística, la población para el año 1994 será de 173,000 habitantes, aproximadamente.

### 3.2 ESTIMACION DE LA DEMANDA FUTURA

En todo sistema de abastecimiento la cantidad de agua consumi

da varía continuamente en función del tiempo y las condiciones alimentarias y costumbres de la población. Hay meses sobre todo en verano que el consumo es mayor; por otro lado en un mismo mes existen días en que la demanda de agua es mayor de los demás días.

Durante el día el caudal dado por una red pública varía continuamente en horas diurnas, el caudal al promedio alcanzando valores máximo alrededor del mediodía; durante el período nocturno el consumo decae por debajo de la media, presentando valores mínimos en las primeras horas de la madrugada.

La estimación de la demanda futura es función de:

- La población que para el período de diseño año 1994 es de 173,194 habitantes.
- Período de diseño, que según normas del Ministerio de Vivienda y Construcción recomienda:
  - a) Para poblaciones de 2,000 a 20,000 habitantes se considerará 15 años.
  - b) Para poblaciones de 20,000 a más habitantes se considerará 10 años.

### 3.3 DOTACION

Según Normas y Requisitos para Proyectos de Agua Potable del Ministerio de Vivienda y Construcción; la dotación diaria por habitante se ajustará a los siguientes valores:

POBLACION	C L I M A	
	F R I O	TEMPLADO Y CALIDO
De 2,000 Hab. a 10,000 Hab.	120 l/hab/día	150 l/hab/día
De 10,000 a 50,000 Hab.	150 l/hab/día	200 l/hab/día
De más de 50,000 Habitantes	200 l/hab/día	250 l/hab/día

### 3.4 CAPACIDAD DE LA CAPTACION DE AGUA PARA LA PLANTA DE TRATA - MIENTO

Se tiene que distinguir:

- a) Consumo Promedio Diario Anual, que es el promedio de los consumos diarios durante un año de registros, su cálculo viene dado por la población servida en el período de diseño por la dotación adoptada.

$$Q_{pda} = \frac{\text{Dot.} \times \text{Pob.}}{86,400} \quad (\text{l.p.s.})$$

donde : Dot = Dotación (lt-hab/día)

Pob = Población (Número de habitantes)

Q<sub>pda</sub> = Consumo promedio diario anual (lps)

- b) Consumo Máximo Diario: el factor más influyente en este valor es el clima; la ciudad de Pucallpa es de clima cálido con una temperatura promedio de 26.7°C; por lo que

se afecta al consumo promedio por el coeficiente K, llamado coeficiente del día de máximo consumo y está dado por la siguiente expresión:

$$K_1 = \frac{\text{consumo máximo diario}}{\text{consumo promedio diario}} \text{ - anual.}$$

Para el cálculo de la capacidad de la captación tenemos que para la localidad de Pucallpa corresponde:

Dotación : 250 lts/hab/día

Período que abarca el proyecto : 10 años

Población para año 1984 : 126,771 hab.

1994 : 173,194 hab.

luego la capacidad será:

$$\text{cap} = \frac{250 \text{ lts}}{\text{Hab / día}} \times 173,194 \text{ Hab.} \frac{\text{x día}}{86,400 \text{ seg.}} = 500 \text{ lts/seg.}$$

esta capacidad se tiene que afectar por el coeficiente -  $K_1$  llamado coeficiente del día de máximo consumo.

$K_1$  : Varía de país en país y según el Reglamento del Ministerio de Vivienda y Construcción para Proyectos de Agua Potable considera:

$$K_1 = 1.2 \text{ a } 1.5$$

escoge el valor  $K_1 = 1.3$

por tanto el caudal de diseño será igual a:

$$K_1 \text{ cap.} = 1.3$$

$$\text{caudal de diseño} = 1.3 \times 500 = 650 \text{ lt/seg.}$$

Por lo que se diseñará la captación para una capacidad de 650 lts/seg.

## CAPITULO IV

### 4. CALCULO Y DISEÑO DE LOS EQUIPOS ELECTROMECHANICOS DE LA CAPTACION

Los equipos electromecánicos de la captación los he agrupado en 3 grupos :

- Equipos de Bombeo y Línea de Impulsión
- Barcaza Flotante
- Sub-Estación de Transformación

#### 4.1 CALCULO Y DISEÑO DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO - LINEA DE IMPULSION

##### 4.1.1 DIMENSIONAMIENTO DE LA TUBERIA DE IMPULSION

Tanto el dimensionamiento de la tubería de Impulsión, como la altura dinámica total se determinará de acuerdo con las pérdidas, según Cuadros Nº 4.1 a y 4.1 b en los que se determina - diámetro económico de la tubería.

##### VELOCIDAD DEL FLUIDO

Según Normas y Requisitos para Proyectos de Agua Potable Y Alcantarillado del Ministerio de Vivienda y Construcción, la velocidad mínima en tuberías de impulsión será 0.6 m/seg.

La velocidad máxima admisible será :

- En tubos de concreto : 3 m/seg.
- En tubos de Asbesto-Cemento,  
PVC, acero : 5 m/seg.

Además, se sabe que  $Q = V \times A$       $A = \frac{Q}{V}$

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

donde : D : diámetro de la tubería

Q : caudal máximo a bombear (650 lts/seg.)

V : velocidad del agua en m/seg.

#### 4.1.2 DETERMINACION DE LA ALTURA DINAMICA TOTAL

La tubería que se usa para la línea de impulsión puede ser de PVC, acero o asbesto-cemento, de éstas la más económica y para la capacidad requerida la más apropiada es la de asbesto-cemento, para las cuales según Normas el rango de velocidad permitido está comprendido entre 0.6 y 5 m/seg.

La altura dinámica total está dada por la siguiente expresión:

$$H = (Z_d + Z_s) + (h_d + h_s) + \left( \frac{v_d^2}{2g} - \frac{v_s^2}{2g} \right)$$

donde :  $Z_d + Z_s$  : alturas estáticas

$h_d + h_s$  : pérdidas por fricción

$\frac{v_d^2}{2g} - \frac{v_s^2}{2g}$  : carga de velocidad, se puede despreciar

con las consideraciones mencionadas elaboramos los cuadros 4.1a, 4.1b. y 4.1c. en el que se determinará la altura dinámica total, las pérdidas, la velocidad económica y por consiguiente el diámetro económico de la tubería.

a) Cálculo de las Pérdidas por Fricción

Para facilitar este cálculo hago la siguiente separación:

Succión

Diámetro de succión :  $\emptyset$  10"  
Material : Acero  
Longitud : 2.50 m.  
Nº de válvulas : 1

Descarga

Tramo 1: Comprende la tubería sobre la Barcaza flotante.

Diámetro de Tubería :  $\emptyset$  14"  
Material : Acero  
Longitud : 12.5 m.  
Nº de codos de 14" x 45º : 1  
Nº de reducciones 8" x 10" : 1  
Nº de Yee de 14" x 10"  $\emptyset$  : 3  
Nº de válvulas de  $\emptyset$  10" : 2 (válv. compuerta y válv. Check)  
Nº de válvula de  $\emptyset$  14": 1

Tramo 2: Comprende el tramo de la tubería flexible.

Diámetro de tubería :  $\emptyset$  14"  
Material : Jebe lona con alma de acero.  
Longitud : 50 m.

Tramo 3

Diámetro de tubería	:	Ø 24"
Material	:	Asbesto-cemento.
Longitud	:	868 m.
Nº de codos de 45º	:	8
Nº de codos de 90º	:	1
Nº de transiciones brida-mazza.	:	1
Nº de válvulas	:	1
Nº de reducciones	:	1

siendo el tramo 3 el determinante se analiza con más de  
talle según Normas y Requisitos para Proyectos de Agua  
Potable y Alcantarillado del Ministerio de Vivienda y  
Construcción; y recomendaciones del fabricante de la tu  
bería de asbesto-cemento, las pérdidas en la tubería se  
debe calcular con la fórmula de HANZEN y WILLIAMS:

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

donde : h : pérdidas en la tubería ó pérdidas pri  
marias.

c : coeficiente para tubería de eternit =  
140.

D : diámetro de tubería en pulgadas.

Q : gasto en litros por segundo = 650 lts/  
seg.

L : Longitud de la tubería en metros: 868 m.

Las pérdidas en los accesorios o pérdidas secundarias - se calcula con la siguiente expresión:

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

donde K : coeficiente de pérdidas secundarias según el accesorio.

V : Velocidad del agua m/s..

K<sub>1</sub> : coeficiente de resistencia para codo de 90°.

K<sub>2</sub> : coeficiente de resistencia para codo de 45°.

K<sub>3</sub> : coeficiente de resistencia para válvula compuerta.

K<sub>4</sub> : coeficiente de resistencia para reducción de 14".

K<sub>5</sub> : coeficiente de resistencia para Yee de 14"

TRAMO 3

VELOCIDAD (m-seg.)	DIAMETRO (pulg)	DIAMETRO COMERCIAL (m/seg.)	VELOCIDAD REAL (m/seg.)	PERDIDAS PRIMARIAS "h" (m)	$\sqrt{L/2g}$	$K_1$	$K_2(8u)$	$K_3$	$K_4$	$K_5$
0.60	46.2"	42"	0.727	0.32	0.0269	0.2	0.14	0.03	0.892	0.10
1.00	35.8"	36"	0.989	0.68	0.0498	0.2	0.14	0.03	0.803	0.10
1.50	29.2"	30"	1.425	1.66	0.103	0.2	0.14	0.03	0.737	0.10
2.00	25.3"	24"	2.227	4.93	0.252	0.2	0.14	0.03	0.734	0.10
2.50	22.6"	24"	2.227	4.93	0.252	0.2	0.14	0.03	0.734	0.10
3.00	20.6"	20"	3.206	11.98	0.523	0.2	0.15	0.03	0.646	0.10
3.50	19.1"	20"	3.206	11.98	0.523	0.2	0.15	0.03	0.646	0.10
4.00	17.9"	18"	3.959	20.01	0.798	0.21	0.15	0.035	0.375	0.10
4.50	16.8"	16"	5.010	35.49	1.325	0.22	0.15	0.035	0.193	0.10
5.00	16.0"	16"	5.010	35.49	1.325	0.22	0.15	0.035	0.193	0.10

PERDIDAS TRAMO 1 Tubería de  $\phi$  14" Codo 14" x 45° Reducción 10" x 8" Válv. Check Válv.Comp.(2) Yee 14"x10'

$$h = \frac{3.6 \text{ m.}}{100 \text{ m.}} \times 12.5 \text{ m} = 0.45 \text{ m.}$$

$$K = 0.132$$

$$K = 0.15$$

$$K = 2.0$$

$$K = 0.030$$

$$K = 0.10$$

$$\frac{v^2}{2g} = 0.64 \quad h_t = 2.00 \text{ m.}$$

PERDIDAS TRAMO 2

$$h = 11.4 \times \frac{50}{1000} = 0.57 \text{ m.}$$

$$Z_{\text{Succión}} = 2.50 \text{ m.} \quad \text{Válv. de Pie } K = 0.8 \quad v^2 = 0.50 \quad h = 4 \times 2.5 = 0.10 \quad h_s = 0.50 \text{ m.}$$

Ø	PERDIDAS	ALTURA DINAMICA TOTAL(m)	POTENCIA POR PERDI DAS (HP)	POTENCIA TOTAL (HP)
42"	3.453	25.803	39.38	294.24
36"	3.862	26.212	44.04	298.90
30"	4.955	27.305	56.50	311.37
24"	8.55	30.90	97.50	352.37
20"	16.188	38.533	184.60	439.41
18"	24.612	46.962	280.66	535.53
16"	40.87	62.22	466.06	720.92

	COSTO ANUAL DE ENERGIA POR PERDIDAS (\$)	COSTO DE EQUIPO ADICIONAL (\$)	COSTO DE TUBERIA (\$)	COSTO DE TUBERIA Y EQUIPO ADICIONAL (\$)	COSTO ANUAL DE RECUPERA- CION DE TUBE RIA Y EQUIPO ADICIONAL (\$)	COSTO TOTAL ANUAL (\$)
42"	4,354.42	2,258.0	243,040.0	245,298.0	39,921.11	44,275.53
36"	4,864.87	2,590.6	201,271.84	203,862.44	33,177.67	38,042.54
30"	6,229.71	3,250.0	165,614.40	168,864.40	27,481.90	33,711.61
24"	10,720.77	4,841.56	101,382.4	106,223.96	17,287.46	28,008.23
20"	20,261.53	7,506.25	75,589.6	83,195.85	13,539.74	33,801.27
18"	30,783.75	9,778.90	64,232.0	74,010.9	12,044.93	42,828.68
16"	51,092.09	16,397.0	53,816.0	70,213.0	11,426.84	62,518.93

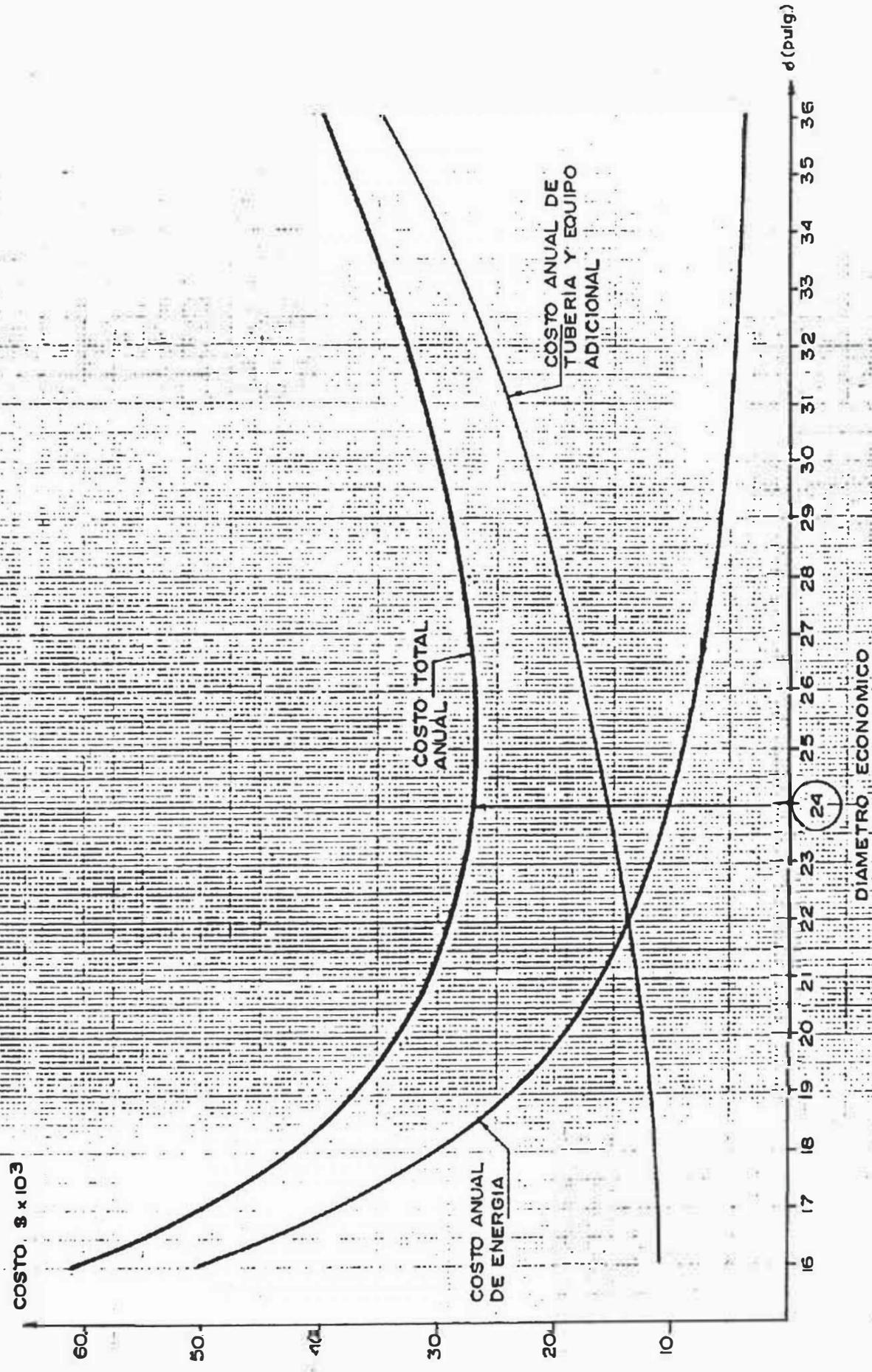


GRAFICO N° 1

Costo de Energía Perdida en Tubería y Accesorios

Según Tarifa 53 establecida por el Ministerio de Energía y Minas para Plantas de Agua Potable de Servicio Público fija los siguientes costos:

Mínimo 200 kw - mes	..... \$/mes	:	3.40136
Exceso	..... \$/kw-H	:	0.01699

Luego el costo anual de energía para vencer las pérdidas está dado por:

$$C = (3.40136 \frac{\$}{\text{mes}} \times 12 \text{ m.} + 0.01699 \frac{\$}{\text{kw-HR}} \times 0.746 \frac{\text{kw}}{\text{HP}} \times \frac{24 \text{ HRS}}{1 \text{ día}} \times \frac{360 \text{ días}}{\text{Año}})$$

$$C = 40.8163 + 109.538 \text{ HF (en dólares)}$$

Para calcular el costo anual de tubería y equipo adicional con el que se vence las pérdidas, he considerado 10 años de vida útil para recuperación de capital y 10% de interés anual en dólares, luego las anualidades están de terminadas por la expresión.

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

donde:

- A : Anualidad
- P : Inversión total
- n : Años de vida : 10
- i : Interés Anual : 10%

Del gráfico Nº 1 se concluye que para esta instalación y bajo las condiciones establecidas el diámetro óptimo de tubería que se usará para la línea de impulsión es de 24 pulgadas de Asbesto-Cemento.

#### 4.1.3 DETERMINACION DEL Nº DE BOMBAS

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

Es más ventajoso aumentar el número de unidades, disminuyendo la capacidad individual, pero dando mayor seguridad en la atención de reparaciones.

Para determinar el número de unidades se toma en cuenta los siguientes aspectos:

- La capacidad de la planta antigua es aproximadamente

de 130 lts/ seg. Por necesidad se construye primeramente la captación, sirviendo con esta captación a la población mientras dure el proceso constructivo de la Planta de Agua Potable Nueva; siendo este parámetro y los costos los influyentes en la determinación del Nº de Unidades de bombeo.

No se puede utilizar 1,2 ó 3 equipos ya que se debe proveer un equipo similar para atender situaciones de mantenimiento lo que significa hacer una inversión inicial fuerte para tener el equipo sin trabajar y no se adecuaría a las necesidades o condiciones existentes.

Los costos para 4 ó 5 equipos de bombeo para la capacidad total de 650 lts/seg. es aproximadamente constante; si bien es cierto que a mayor Nº de equipos de bombeo aumenta el grado de seguridad, también aumentan los costos por accesorios a usar, tales como válvulas de pie, Check, con -- puerta, uniones dresser, niples, etc.

Por lo tanto elijo 4 equipos de bombeo y 1 equipo de reserva.

#### 4.1.3.1. SELECCION DEL TIPO DE BOMBAS

Para seleccionar el tipo de bomba a usar tengo en cuenta los siguientes factores:

- El agua del Río Ucayali contiene materiales inorgánicos.
- El agua en algunas épocas del año alcanza turbidez elevada con arena.

Por las características del agua selecciono bombas para sólidos tipo "HBD-L" con ADT = 34 m.,  $Q = 162.5$  lts/seg.  $\eta = 80\%$  1760 RPM.

Estas bombas tienen un tipo de impulsor especial semiabierto, tornillo centrífugo y de canal, su diseño hidráulico lo provee de un flujo de aceleración uniforme y sin cambios bruscos, ideal para impulsar líquidos con partículas en suspensión; no se atora fácilmente. Estos impulsores son de Fierro Modular.

#### 4.1.3.2. DETERMINACION DEL N.P.S.H. DISPONIBLE

N.P.S.H.: "Carga Positiva Neta de Succión, sobre la presión del vapor".

N.P.S.H.:  $\text{Presión atmosférica (m)} - Z_s - h_s - \text{Presión de vapor del líquido.}$

donde:

$Z_s$  : Altura de Succión, se toma el valor de la instalación.

$h_s$  : Pérdidas en la Succión

Presión atmosférica hay que corregir por la altura; según el diafragma N° 2, para 150 m.s.n.m. = 0.18 m.

Presión Atmosférica =  $10.33 - 0.18 = 10.15$

$Z_s = 2.5$  m.

$h_s = 0.50$  m.

Presión de Vapor : depende de la temperatura ambiente, para este caso tomo la temperatura máxima en la zona.

Temperatura ambiente máxima en la zona es 40°C, según gráfico N° 3, para esta temperatura es igual a 0.5 m.

$$\text{N.P.S.H.} = 10.15 - 2.5 - 0.50 - 0.50$$

$$\text{NPSH}_D = 6.65 \text{ m.}$$

Según curvas de fábrica para este tipo de bombas el  $\text{NPSH}_R = 1.3 \text{ m.}$  El NPSH requerido son las pérdidas internas de la bomba.

Para un buen funcionamiento el  $\text{NPSH}_D$  debe ser mayor o igual al  $\text{NPSH}_R$  para este caso  $\text{NPSH}_D > \text{NPSH}_R$

Lo que indica que no hay problema con la carga Positiva Neta de Succión, por tanto el equipo seleccionado no tendrá problemas con este parámetro.

#### 4.1.3.3 CALCULO DEL FENOMENO DEL GOLPE DE ARIETE

Este fenómeno conocido como golpe de ariete se origina, -- cuando en la línea de bombeo se interrumpe súbitamente la energía que impulsa la columna de agua. Este efecto genera una presión interna a lo largo de la tubería, la cual es recibida en su interior y en el de las demás instalaciones como un impacto.

La columna de agua circulando a determinada velocidad posee una cierta cantidad de energía cinética que debe ser disipada al interrumpirse bruscamente el flujo.

Luego la presión interna está dada por la siguiente expresión; según "Abastecimiento de Agua Teoría y Diseño" de Simon Arocha R.

$$p = V_o \sqrt{\frac{W}{g} \times \frac{K.e.E}{E_e + K_d}} \quad (\text{según "Abastecimientos de Agua Teoría y Diseño" de Simon Arocha R.}).$$

donde :

p : Presión

V<sub>o</sub> : Velocidad del agua (m/seg.)

W : Peso específico del agua (K/m<sup>3</sup>) = 1000 Kg/m<sup>3</sup>.

g : Aceleración de la gravedad (m/seg<sup>2</sup>) = 9.81 m/seg<sup>2</sup>

K : Módulo de elasticidad del agua = 2 x 10<sup>8</sup> Kg/m<sup>2</sup>.

E : Módulo de elasticidad del material = 2.4 x 10<sup>9</sup> Kg/m<sup>2</sup>.  
(Tub. A.C.)

e : Espesor de tubería (asumo clase 150) = 49 mm.

d : Diámetro exterior de tubería = 698 mm.

Q : Caudal (lt/seg.): 650 lt/seg. = 0.65 m<sup>3</sup>/seg.

$$V_o = \frac{Q}{A} = \frac{0.65}{\pi (.60)^2} = 2.30 \text{ m/seg.}$$

$$\text{luego: } p = 2.30 \sqrt{\frac{1000 \times 2 \times 10^8 \times 0.049 \times 2.4 \times 10^9}{9.81 \times 2.4 \times 10^9 \times 0.049 + 2 \times 10^8 \times 0.698}}$$

$$p = 222,063.8 \text{ kg/m}^2 = 229.40 \text{ m. de columna de agua}$$
$$= 326.43 \text{ lb/pulg}^2.$$

Cálculo de la velocidad de propagación de la onda de compresión ( $V_w$ ) :

$$V_w = \frac{1420}{\sqrt{1 + \frac{Kd}{eE}}}$$

$$V_w = \frac{1420}{\sqrt{1 + \frac{2 \times 10^8 \times 0.698}{0.049 \times 2.4 \times 10^9}}} = 960.19 \text{ m/seg.}$$

Tiempo crítico ( $T_c$ )

$$T_c = \frac{2L}{V_w}$$

$$T_c = \frac{2 \times 868}{960.19} = 1.80 \text{ seg.}$$

Luego para cualquier tiempo de cerrado menor o igual a 1.80 - seg., el exceso de presión por golpe de ariete será máximo ó igual a 326.43 lb/pulg<sup>2</sup>.

Determino la presión a lo largo de la tubería:

La pérdida de carga en la línea de impulsión es : 8.55 m.

$$P \text{ dinámica} = P \text{ estática} + \text{pérdidas}$$

$$P \text{ dinámica} = 22.35 + 8.55 = 30.90 \text{ m.}$$

$$\text{Presión Máxima} = Ah + P \text{ golpe de ariete} = 22.35 + 229.40 = 251.75 \text{ m.} = 357.39 \text{ lb/pulg}^2. \gg 150 \text{ lb/pulg}^2.$$

Por tanto se debe usar válvula de alivio de presión y válvula de cierre lento, además como  $T_c = 1.80$  seg., será suficiente - que tenga un tiempo de cerrado mayor de 1.80 seg.

Asumo "t" de cerrado = 10 seg., con lo que se reducirá la onda de presión.

El exceso de presión puede ser calculado utilizando la gráfica de Allievi donde:

$$N = \frac{V_w T_v}{2L} \quad \text{donde } N : \text{Constante de tiempo}$$

$$N = \frac{960.19 \times 10}{2 \times 868} \quad T_v : \text{Tiempo de cerrado}$$
$$L : \text{Longitud de tubería}$$

$$N = 5.53$$

$$K = \frac{V_w \times V_0}{2gH_0} \quad \text{donde } K : \text{Constante de la tubería}$$
$$H_0 : P. \text{ dinámica} = 30.90 \text{ m.}$$

$$K = \frac{960.19 \times 2.30}{2 \times 9.81 \times 30.90} = 3.64$$

Con los valores de "N" y "K" se entra al gráfico de Allievi y se obtiene:

$$\frac{H_0 + Y}{H_0} = 1.90$$

siendo "Y" el exceso de presión es igual a:

$$Y = 1.90 \times H_o - H_o$$

$$Y = 1.90 \times 30.9 - 30.9$$

por tanto  $Y = 27.81$  m. lo que representa el exceso de presión que se provocaría sobre la carga estática.

Por lo que la presión total en la línea de impulsión es de  $58.71$  m., que equivale a  $83.55$  lbs/pulg. 2., por consiguiente utilizaré tubería clase A- $7.5$  Kg/cm<sup>2</sup>. =  $105$  lb/pulg.2 de Asbesto-Cemento para toda la línea de impulsión.

#### 4.1.3.4 SELECCION DE LA VALVULA DE ALIVIO DE PRESION

Según catálogos CLA-VALCO (NEWPORTBEACH CALIFORNIA USA) hay - válvulas de alivio de presión para 2 tipos de servicio: servicio continuo y servicio intermitente, para este caso escojo - una válvula de alivio para servicio intermitente; y según tablas una válvula de  $\emptyset 6$ " con capacidad para  $252.3$  l.p.s. para este servicio, es suficiente, ya que la capacidad máxima de cada tramo es de  $325$  lts/seg.

Con regulación de presión de  $20$  a  $200$  lbs/pulg.2.

#### 4.1.4 CALCULO DE MOTORES ELECTRICOS

Como se determinó en el Cuadro N<sup>o</sup> 4.1 c, la potencia total es de  $354.65$  HP; además se determinó que el N<sup>o</sup> adecuado de equipos de bombeo sería de  $4$  equipos y uno de reserva, por tanto la potencia de cada uno de ellos será:

$$\text{Pot} = \frac{352.37 \text{ HP}}{4} = 88.10 \text{ HP}$$

El factor de servicio para equipos de bombeo varía entre :  
1.0 y 1.25 para tiempos de funcionamiento entre 10 y 24 ho -  
ras diarias.

Asumo un factor de servicio = 1.15 (factor recomendado por  
el fabricante).

Por tanto potencia por equipo = 1.15 x 88.10 = 102 HP.

Además no hay variación de la potencia del motor con respecto  
a la altura sobre el nivel del mar y la temperatura am-  
biente máxima; las características eléctricas de funciona- -  
miento están encuadradas sobre temperatura admisible de 75°C  
en un ambiente de 40°C y altura hasta 1,000 m.s.n.m.

Según catálogo "DELCROSA" selecciono el motor de caracterís-  
ticas :

Potencia	: 125 HP.
Tensión	: 440 V.
Fases	: 3
RPM	: 1765
Aislamiento	: Clase "F"
Factor de servicio	: 1.15

TABLA DE CORRECCIONES  
PARA ALTURAS

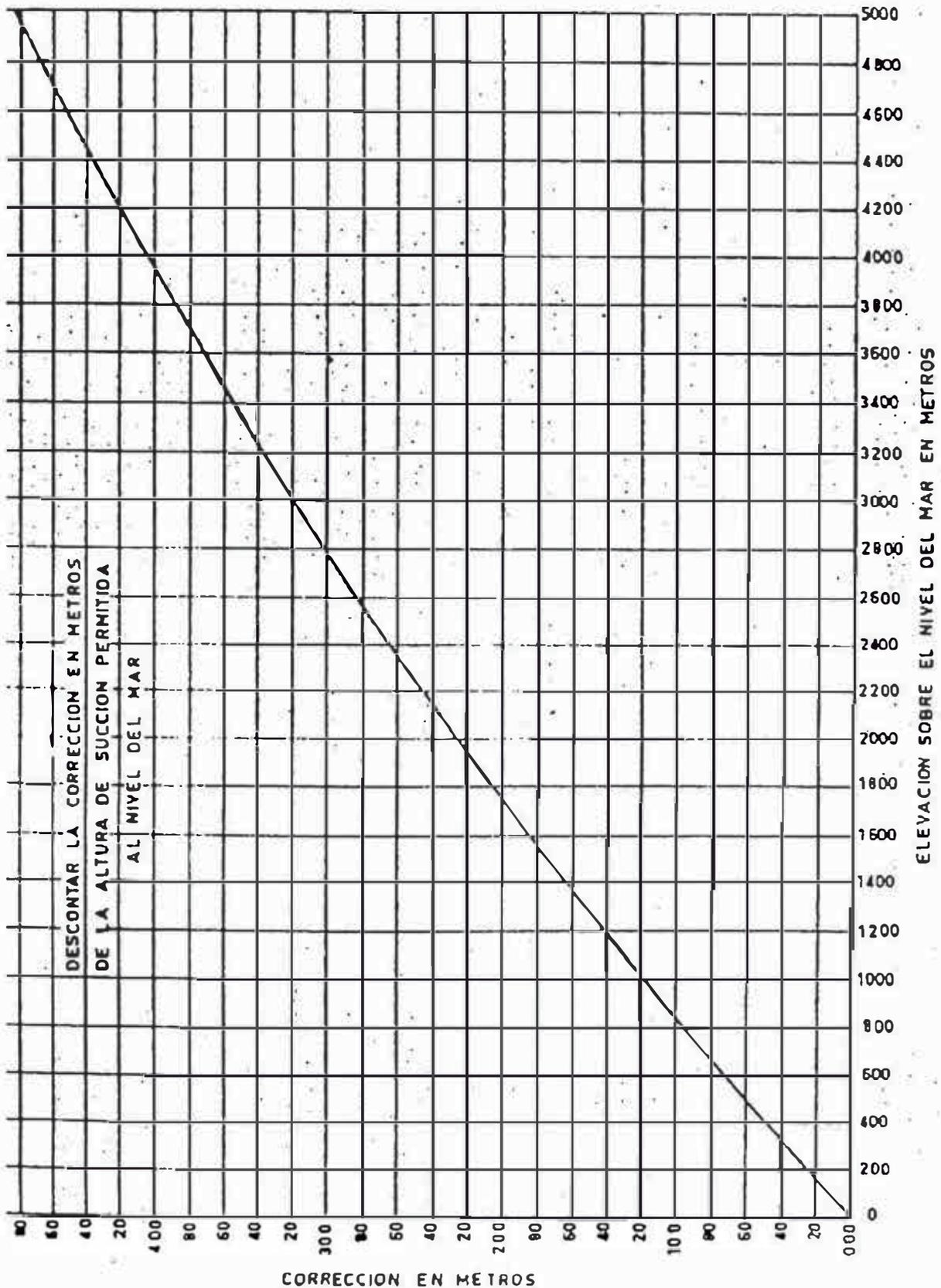


GRAFICO Nº 2

TABLA DE CORRECCIONES.  
PARA TEMPERATURAS

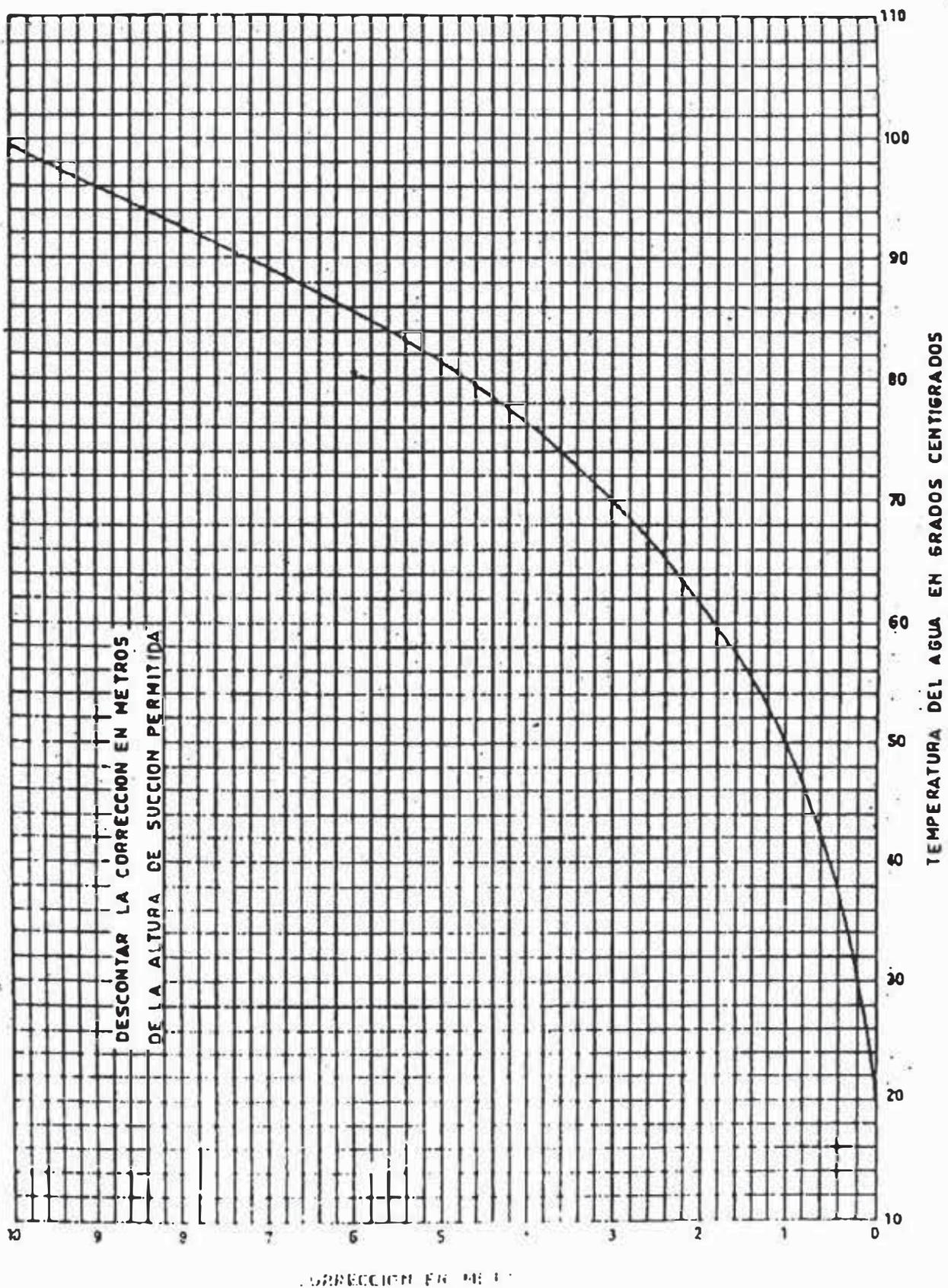


GRAFICO Nº 3

#### 4.1.5 CALCULO Y DISEÑO DE LOS TABLEROS DE CONTROL DE MOTORES E ILUMINACION

##### INFORMACION BASICA

- Tensión de alimentación en 440 V.
- Frecuencia 60 Hz
- Número de electrobombas a controlar : 5 unidades.
- Potencia de los motores : 125 HP
- Sistema de Arranque : Y/A
- Forma de funcionamiento : manual automático

##### CONSIDERACIONES GENERALES DE DISEÑO

- Los accesorios y dispositivos a usar en la construcción de los tableros deberán ser comerciales y existentes en el mercado nacional, lo que facilita el mantenimiento preventivo y/o correctivo.
- Los tableros de control serán fabricados en Lima, razón por la cual los tamaños serán adecuados para su fácil transporte.

##### 4.1.5.1 CALCULO Y DISEÑO DEL TABLERO GENERAL.

- a) DIAGRAMA UNIFILAR (Plano Nº 4.1.5.1.)
- b) INTERRUPTOR GENERAL

El interruptor automático termomagnético es un dispositivo para abrir o cerrar un circuito por medios no automáticos y abrir automáticamente un circuito con una predeterminada sobre corriente o corriente de corto circuito sin destruirse cuando la corriente está dentro de sus valores nominales. Para su selección se debe calcular la corriente luego:

$$P_N = 532 \text{ HP}$$

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

$$\text{Cos } \theta = 0.86$$

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \text{Cos } \theta}$$

$$I_n = \frac{532 \times 0.746}{\sqrt{3} \times 0.44 \times 0.86} = 605.5 \text{ A.}$$

$$I \text{ diseño} = 1.25 I_n = 756.875 \text{ A.}$$

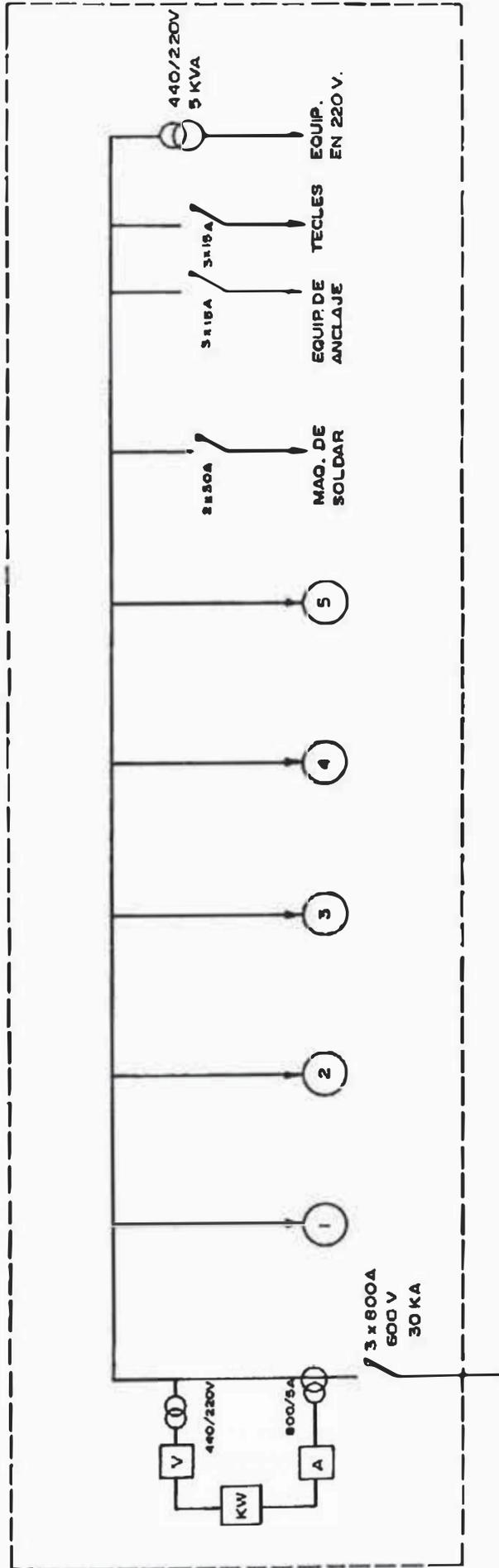
$$\text{Voltaje} = 440 \text{ V.}$$

De acuerdo a catálogos selecciono un interruptor termomagnético de las siguientes características:

Amperaje : 800 A (3 x 800 A)

Voltaje : 600 V.

Capacidad interruptiva: 30 KA (capacidad de corto circuito).



**ESQUEMA N° 4.1.5.1**

**TABLERO GENERAL BAJA TENSION**

**5 SALIDAS PARA ELECTROBOMBAS**

**1 SALIDA PARA MAQ. DE SOLDAR**

**1 SALIDA PARA EQUIP. DE ANCLAJE**

**1 SALIDA PARA TECLE**

**1 SALIDA EQUIP. EN 220 V.**

#### 4.1.5.2 CALCULO Y DISEÑO DE TABLEROS DE CONTROL DE MOTORES

Estos tableros están conformados por los siguientes elementos :

##### 1) Cálculo del Interruptor de cada Motor

$$I_n = \frac{125 \text{ HP} \times 0.746}{\sqrt{3} \times 0.44 \times 0.86} = 142.27 \text{ A}$$

$$I_{\text{diseño}} = 1.25 I_n = 1.25 \times 142.27 = 177.83 \text{ A.}$$

$$I_{\text{diseño}} = 178 \text{ A.}$$

$$\text{Voltaje} = 440 \text{ V.}$$

De acuerdo a catálogos selecciono un interruptor automático termomagnético de las siguientes características :

$$\text{Amperaje} : 200 \text{ A (3 x 200A)}$$

$$\text{Voltaje} : 440 \text{ V}$$

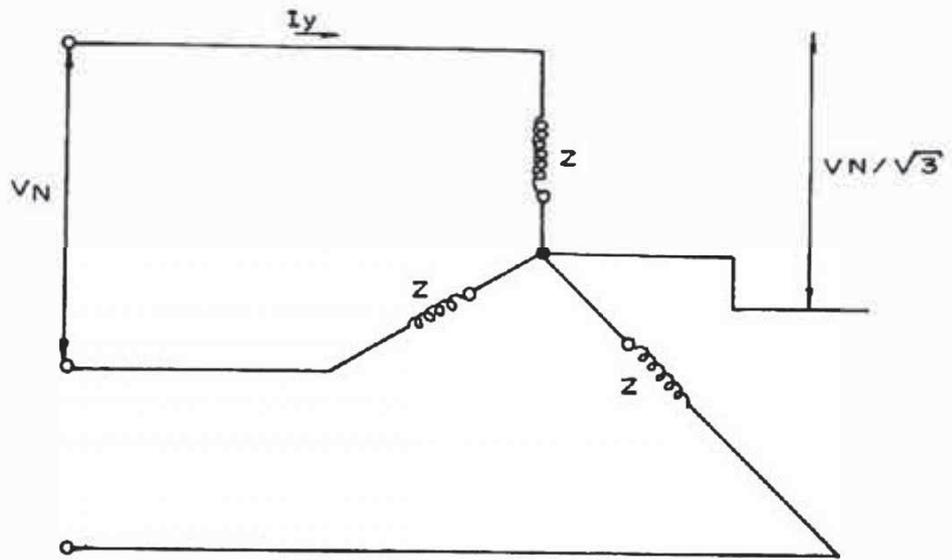
Capacidad

$$\text{Interruptiva} : 22 \text{ KA (capacidad de corto circuito)}$$

##### 2) Arrancador Estrella Triángulo

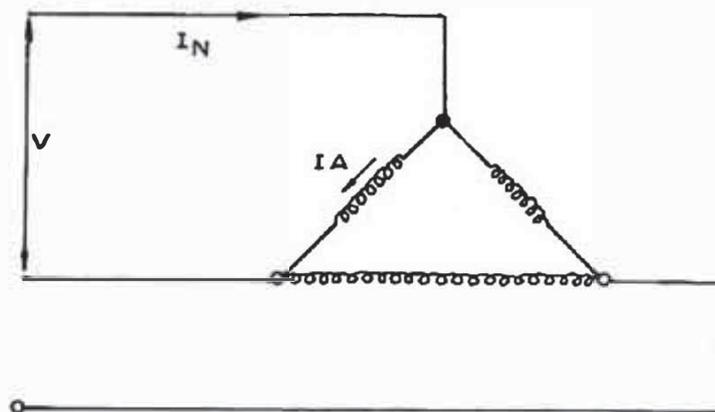
Como la corriente de arranque puede variar de 4 a 7 veces la corriente normal, se tiene que utilizar un arrancador, para este caso el "Arrancador Estrella Triángulo"; mediante este tipo de arrancador se logra disminuir la corriente absorbida de la red por el motor en el arranque. Esto se logra conectando primero en estrella y luego mediante una conmutación en triángulo.

Inicialmente el motor se conecta en Estrella



CONEXION "Y"

En la segunda fase el motor es conectado en triángulo y se tendrá :



CONEXION "\Delta"

La corriente en Estrella es :

$$I_y = \frac{VN/\sqrt{3}}{Z}$$

La corriente en conexión "A" es :

$$I_{\Delta} = \frac{V}{Z}$$

$$\text{Luego } I_y = \frac{I_{\Delta}}{3}, \text{ además } I_{\Delta} = \frac{I_n}{3}$$

relacionando se tiene que :

$$I_y = \frac{I_n}{\sqrt{3}}$$

un arrancador Y-A, está conformado básicamente por 3 contactores y 1 relé térmico.

a) Contactador Principal

$$I_{\text{diseño}} = \frac{1.25 I_n}{\sqrt{3}} = \frac{1.25 \times 142.27}{\sqrt{3}} = 102.6 \text{ A}$$

$I_{\text{diseño}} = 103 \text{ A}, 440 \text{ V}, 60 \text{ Hz } 3 \text{ } \emptyset$  .

Según catálogos se elige contactores de 125 A, 440 V, 3  $\emptyset$  - 60 Hz de  $2 \times 10^7$  maniobras.

b) Contactador para la Conexión Triángulo

Idéntico al contactor principal, ambos soportan la misma co rriente, luego tiene las siguientes características:

$I_{d_A} = 103 \text{ A}, 440 \text{ V}, 60 \text{ Hz}, 3 \text{ } \emptyset$ . según catálogos se elige -

contactores de 125 A, 440 V, 3 Ø 60 Hz. de  $2 \times 10^7$  maniobras.

c) Contactor para Conexión Estrella

$$I_{\text{diseño}} = \frac{I_{\text{Contactor en Triángulo}}}{\sqrt{3}} = 60 \text{ A.}$$

Idy = 60 A, 440 V, 60 Hz, 3 Ø según catálogos se elige - contactores de 65 A, 44 V, 3 Ø 60 Hz, de  $2 \times 10^7$  maniobras.

d) Relé Térmico

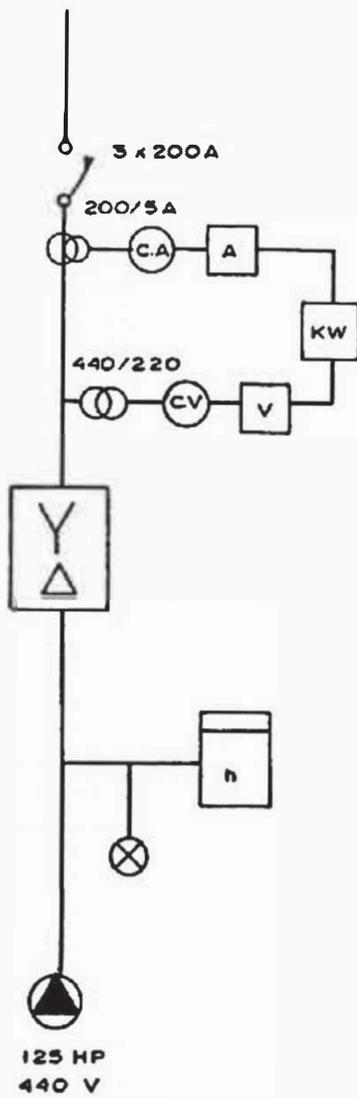
$$I_{\text{Relé}} = \frac{I_{\text{nominal línea}}}{\sqrt{3}} \frac{142.27}{\sqrt{3}} = 82.14 \text{ A, con regulación de 75 a 105 A., 440V, 3 Ø.}$$

Instrumentos de Medición

- 2 Transformadores de corriente para baja tensión 440 V.  
I1 = 142 Amp. relación de transformación 200/5, clase 1
- Conmutador amperimétrico R-S.T-0
- Amperímetro 0-200 A.
- Base tripolar DZ-25 para fusibles de protección de circuito voltimétrico con fusibles de 2 A.
- 2 Transformadores de tensión 440/220, 50 W, clase 1.

- Conmutador voltimétrico RS-ST-TR-0.
- Voltímetro con escala 0-600 volt.
- Kilovatímetro trifásico de escala 0-150 KW, con bobina de corriente de 5 A y bobina de tensión de 220 V.
- Horómetro

Luces de señal de funcionamiento normal y parada por accionamiento de relé.



ESQUEMA N° 4.1.5.2

TABLERO DE CONTROL DE MOTORES DE 125 H.P

4.1.5.3 CALCULO Y DISEÑO DEL CIRCUITO DE ALUMBRADO Y  
TOMACORRIENTES.

Ver plano. 1..'

#### 4.1.6 CALCULO DEL CONDUCTOR DE ALIMENTACION ELECTRICA

La elección de la sección adecuada de un conductor eléctrico para una determinada aplicación se efectúa teniendo en cuenta dos aspectos generales:

##### a) Capacidad para Transmitir la Corriente

La elección de los conductores teniendo en cuenta la corriente a transmitir tiene mucha importancia desde el punto de vista técnico y económico.

La capacidad del conductor se debe afectar por los factores de corrección, para este caso los conductores irán enterrados directamente un tramo de 40 m. aproximadamente, 50 m. expuesto al agua y 18 m. sobre la Barcaza Flotante.

##### 1. Factores de Corrección por Temperatura del Terreno

Además de la temperatura máxima admisible para el conductor - es necesario considerar la temperatura del terreno en el cual se instala el cable, para determinar la diferencia de temperaturas y calcular la capacidad de corriente.

Según el C.N.E. tabla Nº 2 - XXXI, para temperatura del suelo de 30º C y temperatura máxima admisible de los conductores de 80ºC  $K_1 = 0.91$

## 2. Factores de Corrección por Resistividad Térmica del Terreno

La resistencia térmica que encuentra el calor para disiparse - radialmente, desde el cable hasta el ambiente que rodea a los conductores es otro factor de corrección.

El terreno en que están enterrados los conductores es tierra - de cultivo de fácil compactación y semi húmedo. Según C.N.E. tablas 2-XXXIII y 2-XXXII  $K_2 = 1.08$

## 3. Factores de Corrección por Agrupamiento de Cables

La disminución de la capacidad de corriente de los conductores es ocasionado por el calentamiento mutuo entre los cables. El efecto producido es mayor mientras más próximos estén los cables y mientras mayor sea el número de ellos.

Según C.N.E. tabla XXXIV, para 6 cables 2 por fase..

$$K_3 = 0.68$$

El coeficiente equivalente será  $K_e = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3$ .

$$K_e = 0.91 \times 1.08 \times 0.68$$

$$K_e = 0.67$$

La corriente nominal será: 
$$\frac{\text{Máx. Demanda}}{\sqrt{3} \times V \cdot \cos \theta}$$

Potencia Instalada

- 5 Electrobombas	5 x 125 HP	=	625 HP
- Máquina de Soldar	1 x 15 HP	=	15 HP
- Tecles	2 x 4 HP	=	8 HP
- 4 Equipos de Anclaje	4 x 2.4 HP	=	9.6 HP
- Iluminación	4 HP	=	<u>4.0 HP</u>
	Pot. Inst.	=	661.6 HP

Máxima Demanda

	$F_d$		
- Electrobombas	625 x 0.8	=	500 HP
- Maquina de Soldar	15 x 1.0	=	15 HP
- Tecles	8 x 1.0	=	8 HP
- Equipos de Anclaje	9.6 x 0.5	=	4.8 HP
- Iluminación	4.0 x 1.0	=	<u>4.0 HP</u>
	MD	=	531.8 HP = 532 HP

$$I_n = \frac{532 \times 746}{\sqrt{3} \times 440 \times 0.86} = 605.5A$$

La corriente de diseño ( $I_d$ ), según C.N.E. se considera el 25% adicional de la mayor carga (125 HP).

$$I_d = 605.5 + 35.5 = 641 A$$

La corriente aparente valdrá: ( $I_a$ ).

$$I_a = \frac{I_d}{K_e} = \frac{641 \text{ A}}{0.67} = 956.7 \text{ A.}$$

Según tablas se determina la sección adecuada, en este caso será 2 ternas por fase de 185 mm<sup>2</sup>. con capacidad para 490 A por fase.

b) Caida Máxima de Tensión Admitida en el Sistema

Según el C.N.E., la sección de cables o conductores serán calculadas en tal forma que la caída de tensión no exceda del 5% para distribución secundaria.

La caída de tensión será :

$$AV = \frac{\sqrt{3} \times I \times L \times \cos \theta}{\gamma \cdot S}$$

donde : I : corriente (A) =  $\frac{I_a}{2} = 478.35 \text{ A}$

L : longitud del conductor - (m) = 108

$\gamma$  : Conductividad del Cobre = 57

S : Sección del conductor - (mm<sup>2</sup>) = 185.

$$AV = \frac{\sqrt{3} \times 478.35 \times 108 \times 0.86}{57 \times 185}$$

AV = 7.29 voltios

%AV = 1.66 << 5%

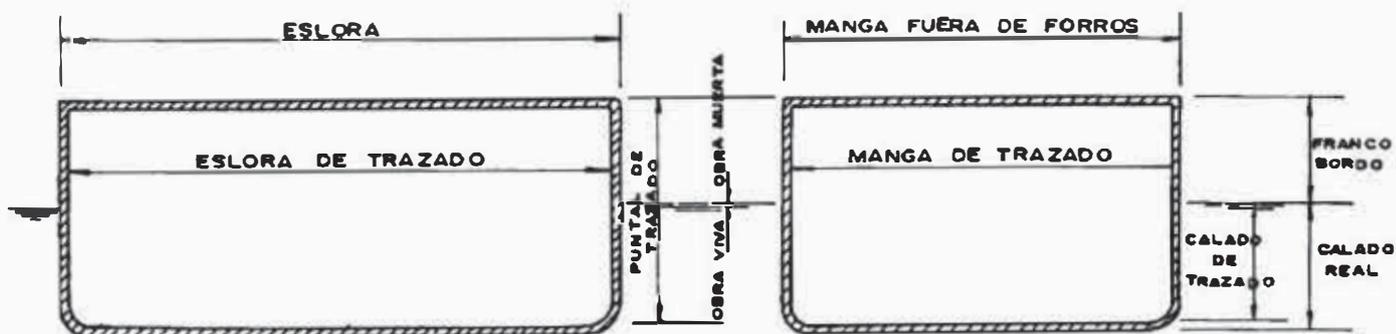
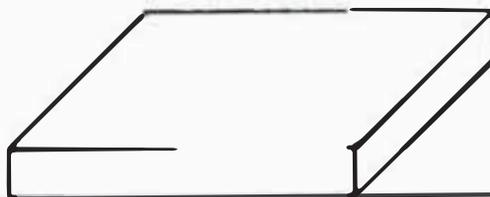
Por tanto se usarán cables para bombas sumergibles 2 ternas por fase :

2 x (3 x 1 x 185) tipo NYY, para 1000 vts.

#### 4.2 CALCULO Y DISEÑO DE LA BARCAZA FLOTANTE

##### 4.2.1. DEFINICION DE LAS CARACTERISTICAS GENERALES

Las dimensiones de las formas de los barcos en general, así como de la Barcaza se refieren a 3 planos principales que son: el longitudinal (o de simetría) el de flotación y uno perpendicular a los 2 llamado transversal.



#### 4.2.1.1 ESLORA (L)

Es la máxima dimensión longitudinal de la Barcaza flotante.

Para embarcaciones en general se distingue varios tipos de escolaras: de flotación, entre perpendiculares y total. Para el caso específico de la Barcaza que tiene las paredes perpendiculares solamente se considera 2 características generales ; la interior o de trazado sin considerar el espesor de las planchas y la exterior que considera el espesor de las planchas.

#### 4.2.1.2 MANGA (B)

Es la máxima dimensión de la Barcaza flotante, medida entre las caras exteriores de los forros laterales.

#### 4.2.1.3 PUNTAL (D)

Es la máxima dimensión vertical de la Barcaza, medida desde la parte superior del forro hasta la parte exterior del fondo.

#### 4.2.1.4 CALADO (H)

Es la dimensión vertical de la Barcaza medida desde el extremo inferior del fondo del casco hasta la altura de la línea de flotación.

#### 4.2.1.5 FRANCO BORDO (D-H)

Es la dimensión vertical de la Barcaza que queda definida como la diferencia entre el puntal y el calado.

#### 4.2.1.6 DESPLAZAMIENTO

En cualquier situación el desplazamiento es el volumen de carena por la densidad del fluido; o el peso del líquido de salojado.

$$A = B \times L \times H \times \gamma$$

$$B = \text{Manga}$$

$$L = \text{Eslora}$$

$$H = \text{Calado}$$

$$= 1000 \text{ Kg/m}^3. \text{ (peso específico del agua).}$$

#### 4.2.1.7 PLANO DE FLOTACION

Es el nivel de agua que tiene la Barcaza o en general un flotador; la superficie comprendida en el interior de la flotación se llama área de flotación

#### 4.2.1.8 VOLUMEN DE CARENA

Es el volumen de la parte sumergida de la Barcaza y al centro de la figura correspondiente a este volumen es lo que se llama centro de empuje o centro de carena.

#### 4.2.2 DESCRIPCION GENERAL DEL CASCO DE LA BARCAZA

Desde el punto de vista estructural el casco se considera como una viga flotante de mínimo peso, pero con la resistencia necesaria para soportar los esfuerzos debidos a su carga y a los empujes del agua.

El casco lo podemos asimilar a un prisma rectangular que está sometido a los esfuerzos originados por su propio peso, su carga y el empuje del agua que desaloja.

Las cuatro caras del prisma constituyen la cubierta , fondo y forros, que son los elementos principales desde el punto de vista de resistencia estructural.

Esta envolvente será también estanca para conseguir el requisito de estanqueidad.

La división en espacios de la barcaza se efectúa con unos diafragmas verticales que constituyen los manparos, estos se apoyan en el fondo, forros y cubierta.

Los manparos pueden ser transversales y longitudinales.

El número de transversales crecerá con la eslora o longitud de la Barcaza; y los longitudinales pueden ser verticales o inclinados y se colocarán si la manga o disposi-ción estructural lo requiere.

Por encima de la cubierta existe una estructura destinada a proteger los equipos electromecánicos y para facilitar el cuidado y mantenimiento de los equipos.

#### 4.2.2.1 CUBIERTA

Es la envolvente superior del casco. En buques las funciones de las cubiertas son variadas dependiendo del tipo y características; se puede considerar los siguientes grupos:

- Cubierta superior resistente
- Cubiertas Intermedias
- Plataformas
- Cubiertas de superestructuras

En el caso de la Barcaza flotante se trata de la cubierta superior resistente y cumple las siguientes funciones:

- a) Contribuir a la resistencia longitudinal del casco, ya que es la parte de la viga casco más alejada de la fibra neutra.
- b) Contribuir a la resistencia transversal.
- c) Conseguir la estanqueidad del casco por su parte superior.
- d) Sirve de soporte a la parte alta de los forros y manparos.
- e) Soporta esfuerzos de tipo local, originados por instalaciones de equipos electromecánicos y casetas.

#### 4.2.2.2 FONDO

Es la envolvente inferior de la viga casco y sus funciones de tipo general son:

- a) Contribuir a la resistencia longitudinal del casco.
- b) Conseguir la estanqueidad del casco por la parte inferior.
- c) Contribuir a la resistencia transversal.
- d) Resistir las presiones del agua y transmitir las a la estructura interna.

Los esfuerzos de tipo local que puede sufrir el fondo son - los impactos de las empalizadas.

#### 4.2.2.3 FORROS

Son las envolventes laterales del casco, sus funciones más importantes son:

- a) Contribuir a la resistencia longitudinal.
- b) Conseguir la estanqueidad del casco.
- c) Resistir impactos y presiones del agua en la parte sumergida.

El forro está formado en general por planchas dispuestas en el sentido longitudinal; las planchas tendrán las máximas dimensiones comerciales que den el mínimo costo. En el caso de que haya diferencias de espesores que puedan presentarse

entre distintas planchas que integran el forro, es recomendable disponer hacia el exterior; de modo que en el interior la superficie sea continua y no obligue a practicar rebajes; salvo casos especiales que disponga lo contrario.

Las planchas del forro, como elemento importante del casco, están sujetas a grandes concentraciones de esfuerzos en los lugares donde existan discontinuidades.

#### 4.2.2.4 MANPAROS

Los diafragmas verticales que dividen el interior del casco reciben el nombre de manparos; y pueden ser longitudinales y transversales según su posición en la Barcaza, y por la función que desempeñan también se les puede llamar manparos resistentes y de sub-división. Para su rigidez se disponen vigas verticales.

Los manparos en general cumplen las siguientes funciones:

- a) Evitan el hundimiento o colapso de la cubierta, fondo y forros del casco cuando éste se ve sometido a esfuerzos de flexión.
- b) Constituyen un refuerzo local muy importante de la cubierta, fondo y forros.
- c) Separan el espacio del casco en compartimentos estancos para que en el caso de inundación por averías del casco dejen el agua confinada y eviten la pérdida o inundación de la barcaza.

- d) Deberán tener la resistencia estructural necesaria para resistir los esfuerzos de presión en el caso de inundación de uno de los compartimentos que limita.
- e) Deben ser estancos de agua para evitar que la inundación se propague a compartimentos contiguos.

Para embarcaciones el número y ubicación aproximada de los manparos transversales está fijado en los reglamentos del convenio de la Seguridad de la vida humana en el mar; por ejemplo para buques entre 80 y 100 m. de eslora deben llevar 5 manparos transversales como mínimo; para buques de 100 a 130 m. deben llevar como mínimo 6 manparos transversales; en general el número de manparos transversales aumenta con la eslora.

#### 4.2.3 CONDICIONES BASICAS DE LA BARCAZA

La Barcaza la consideramos como un flotador que se encuentra en un líquido; un flotador es un sólido que tiene cualquier forma cerrada, cuyo peso es inferior o a lo mucho igual al de un volúmen de agua de igual capacidad que el volúmen total del cuerpo.

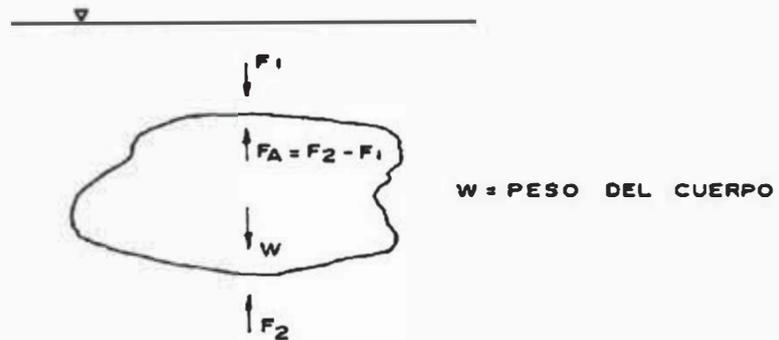
La teoría del buque tiene 2 ramas fundamentales: La estática del buque y la dinámica del buque; la primera estudia los problemas geométricos y mecánicos de un buque en reposo; y la segunda todo lo relacionado con el movimiento del

buque tanto cinemático como dinámico y sus consecuencias.

Para el caso de la Barcaza Flotante se va a tratar todo lo relacionado con la estática; y las condiciones básicas de la Barcaza son : Flotabilidad, estabilidad y resistencia estructural.

#### 4.2.3.1 FLOTABILIDAD

Según el principio de Arquimides todo cuerpo sumergido to tal o parcailmente en un líquido experimenta un empuje as censional igual al peso del líquido que desaloja.



Sobre todo cuerpo sumergido actúa el empuje ascensional y - su peso o fuerza de gravedad, y se tiene que:

- a) Si  $W > F_A$  el cuerpo se hunde totalmente.
- b) Si  $W = F_A$  el cuerpo se mantiene sumergido en la posición en que se le deje.
- c) Si  $W < F_A$  el cuerpo sale a la superficie hasta que el peso del fluido de un volúmen igual al volúmen sumergido iguale al peso  $W$ .

Para la Barcaza Flotante y para los buques en general se cumple:

$$E = W_l = A$$

siendo  $E$  : empuje ascensional

$W_l$  : peso del líquido desalojado

$A$  : Desplazamiento o peso total de la Barcaza Flotante.

#### 4.2.3.2 ESTABILIDAD

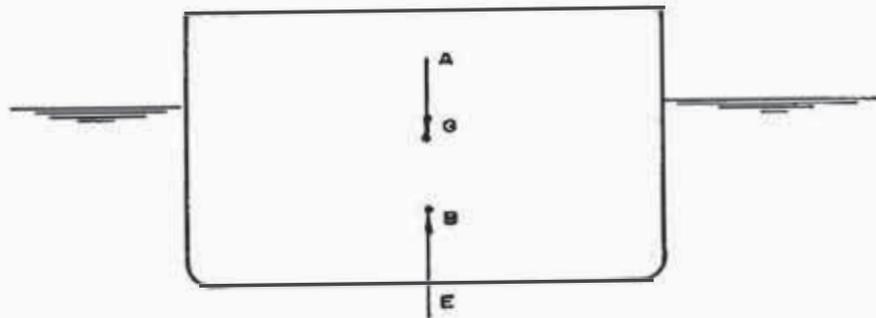
La Barcaza estará en equilibrio si además de ser igual el empuje al peso el centro de gravedad "G" y el centro de carena "B" estén sobre la misma vertical.

La posición del centro de carena "B" que es el centro de gravedad del líquido deslojado se obtiene del diagrama de curvas de atributos, la posición del centro de gravedad "G" se optiene por medio de cálculos de masas y momentos.

Existe estabilidad transversal y longitudinal, para el caso de la Barcaza analizaremos solamente la estabilidad transversal puesto que es la más crítica.

### Estabilidad Transversal

Se entiende por estabilidad transversal la capacidad de la Barcaza que se encuentra en equilibrio, para que en caso de interferencia tome una nueva posición de equilibrio y vuelva a su posición inicial una vez que cese la interferencia. Es decir la estabilidad transversal es la medida de la capacidad de enderezarse de un buque.

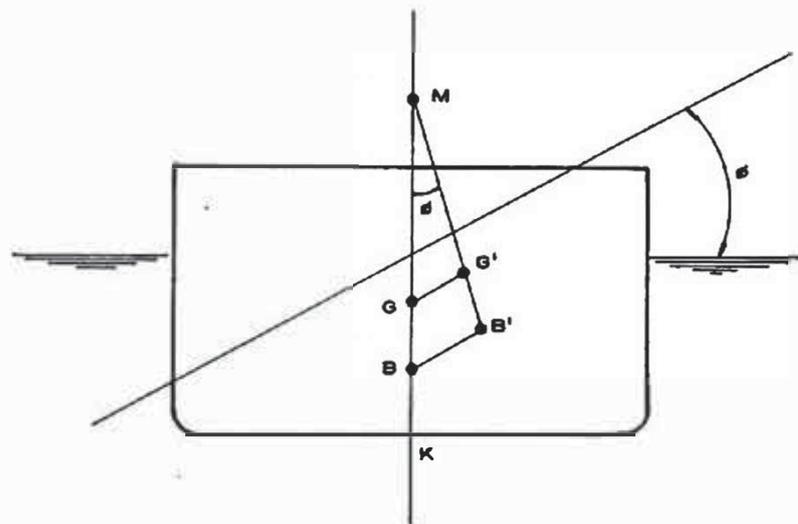


### Metacentro

Si escoramos la Barcaza un ángulo determinado  $\theta$ , el volúmen de carena  $V$  se mantiene constante y el centro de carena va-

riará; pasa a ser B'; la intersección entre la prolongación de la recta de acción de este empuje y la prolongación de la recta de acción del empuje original se llama Metacentro "M".

El Metacentro toma diferentes posiciones de acuerdo a la variación del ángulo de escora ( $\theta$ ) para pequeños ángulos de escora el Metacentro "M" es invariable, hasta para  $\theta = 7^\circ$



### Radio Metacéntrico

El Radio Metacéntrico queda definido por la distancia del centro de carena al metacentro BM y se puede calcular como:

$$BM = \frac{It}{V}$$

donde: It = Momento de inercia transversal a la superficie de flotación.

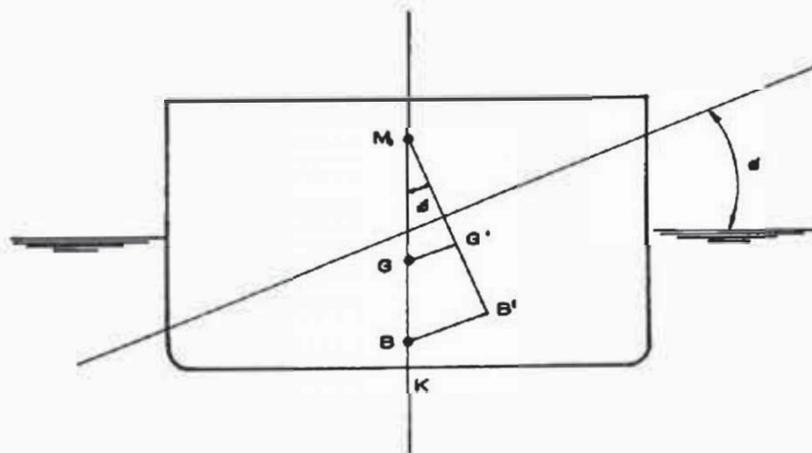
$V$  : Volúmen de carena.

El centro de carena (B) es el centro de gravedad del volúmen sumergido y en general su posición se obtiene del diagrama de curvas de atributos; para el caso particular de la Barcaza Flotante consideramos sus forros verticales, por lo que el centro de carena (B) está ubicado en la mitad de la altura sumergida.

### Altura Metacéntrica

La altura metacéntrica refleja la posición relativa del centro de gravedad y del Metacentro.

La altura metacéntrica (GM) expresa la medida de la estabilidad transversal.



Si consideramos los tipos de equilibrio tenemos:

- Equilibrio estable : si un cuerpo flotante al ser apartado de su posición inicial origina un momento adrizante, esto sucede si M está por encima de G, es decir si la altura metacéntrica es positiva.
- Equilibrio inestable : si la altura metacéntrica es negativa, es decir M está debajo de G, lo que origina un momento escorante.
- Equilibrio indiferente si  $GM = 0$

$$\overline{GM} = \overline{KB} + \overline{BM} - \overline{KG}$$

#### 4.2.3.3 RESISTENCIA ESTRUCTURAL

El estudio de la resistencia estructural en cualquier buque se dá en el sentido longitudinal y transversal, siendo el más importante el estudio de la resistencia estructural longitudinal originado por las cargas que producen el momento flector longitudinal y la resistencia que los buques ofrecen a esos esfuerzos, determinando así las características del material empleado. Estos estudios se realizan considerando el buque en aguas tranquilas; sometidos a 2 campos de fuerzas.

- Campo gravitatorio, cuyos vectores fuerza están definidos por los pesos de la estructura, accesorios, equipos, etc.

y cuyo sentido está en la dirección de la gravedad.

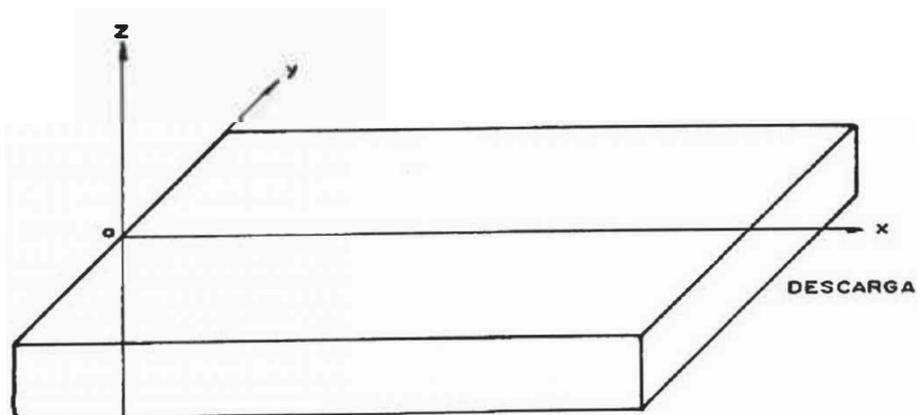
- Campo antigravitatorio cuyos vectores fuerza están definidos por los desplazamientos de cada sección opuesto a la gravedad.

#### 4.2.4 REQUERIMIENTOS DE ESPACIO PARA EQUIPOS ELECTROMECANICOS Y ACCESORIOS

Los parámetros iniciales para el diseño inicial de la Barcaza Flotante están dados por los espacios que ocupan los equipos electromecánicos, accesorios, así como los espacios necesarios para efectuar el manipuleo en la instalación y mantenimiento. Ver distribución en planos NºEM-002 y EM-003.

#### 4.2.5 DISEÑO INICIAL DE LA BARCAZA

Por lo dicho en el punto 4.2.4. partimos de una Barcaza con las siguientes características: eslora "L" = 15.0 m.; manga "B" = 8.5 y puntal "D" = 1.20 m.



Con estas dimensiones efectué los cálculos previos, con los cuales no satisface las condiciones de estabilidad, resultando una altura metacéntrica muy grande.

Como el Radio Metacéntrico  $\overline{BM}$  depende directamente del cuadrado de la manga e inversamente del calado; además la dimensión mínima de la manga es dada por el espacio que ocupan los equipos y los espacios mínimos requeridos para su instalación y mantenimiento por lo que con este valor hay restricciones, quedando sólo el calado para dar la dimensión apropiada para satisfacer los requerimientos de estabilidad.

En tal sentido realicé los siguientes cambios:

- Se disminuye el valor de la manga de 8 a 7.2 m. (valor mínimo de manga).
- Se aumenta el puntal de 1.20 m. a 2m.
- Se aumenta la eslora de 15 a 16 m.
- Se crea un falso fondo a 50 cm. del fondo lleno con agua.

Con estas variaciones y para calcular las condiciones básicas de la Barcaza, tengo que determinar todos los elementos que conforman la Barcaza, incluyendo los equipos, su posición de su centro de gravedad y los momentos de cada uno a los ejes "X" "Y" "Z".

4.2.5.1 CALCULO DE LAS DISTANCIAS DE CADA ELEMENTO A LOS EJES COORDENADOS Y SUS RESPECTIVOS MOMENTOS

E L E M E N T O	PESO (kg)	DIST. A EJE "X" (m)	DIST. A EJE "Y" (m)	DIST. A EJE "Z" (m)	Mto. EN EJE DIST. "X" x PESO (kg-m)	Mto. EN EJE DIST. "Y" x PESO (kg-m)	Mto. EN EJE DIST. "Z" x PESO (kg-m)
MOTOR (1)	696	3.70	2.15	1.90	2575.2	1496.4	1322.40
MOTOR (2)	696	3.70	- 2.15	1.90	2575.2	- 1496.4	1322.40
MOTOR (3)	696	7.80	2.15	1.90	5428.8	1496.4	1322.40
MOTOR (4)	696	7.80	- 2.15	1.90	5428.8	- 1496.4	1322.40
MOTOR (5)	696	11.85	2.15	1.90	8247.6	1496.4	1322.40
BOMBA (1)	280	3.70	2.15	0.51	1036.0	602.0	142.80
BOMBA (2)	280	3.70	- 2.15	0.51	1036.0	- 602.0	142.80
BOMBA (3)	280	7.80	2.15	0.51	2184.0	602.0	142.80
BOMBA (4)	280	7.80	- 2.15	0.51	2184.0	- 602.0	142.80
BOMBA (5)	280	11.85	2.15	0.51	3318.0	602.0	142.80
ACOPLAMIENTO (1)	10	3.70	2.15	1.32	37.0	21.5	13.20
ACOPLAMIENTO (2)	10	3.70	- 2.15	1.32	37.0	21.5	13.20
ACOPLAMIENTO (3)	10	7.80	2.15	1.32	78.0	21.5	13.20
ACOPLAMIENTO (4)	10	7.80	- 2.15	1.32	78.0	- 21.5	13.20
ACOPLAMIENTO (5)	10	11.85	2.15	1.32	118.5	21.5	13.20
BASE SOPORTE (1)	100	3.70	2.15	0.73	370.0	215.0	73.00
BASE SOPORTE (2)	100	3.70	- 2.15	0.73	370.0	- 215.0	73.00
BASE SOPORTE (3)	100	7.80	2.15	0.73	780.0	215.0	73.00
BASE SOPORTE (4)	100	7.80	- 2.15	0.73	780.0	- 215.0	73.00

BASE SOPORTE (5)	100	11.85	2.15	0.73	1185.0	215.0	73.00
NIPLE 10" x 1.0 M (1)	99.5	3.70	2.15	- 0.53	368.15	213.92	- 52.74
NIPLE 10" x 1.0 M (2)	99.5	3.70	- 2.15	- 0.53	368.15	- 213.92	- 52.74
NIPLE 10" x 1.0 M (3)	99.5	7.80	2.15	- 0.53	776.1	213.92	- 52.74
NIPLE 10" x 1.0 M (4)	99.5	7.80	- 2.15	- 0.53	776.1	- 213.92	- 52.74
NIPLE 10" x 1.0 M (5)	99.5	11.85	2.15	- 0.53	1199.01	213.92	- 52.74
VALVULA DE PIE 10" (1)	100	3.70	2.15	- 1.20	370.0	215.0	- 120
VALVULA DE PIE 10" (2)	100	3.70	- 2.15	- 1.20	370.0	- 215.0	- 120
VALVULA DE PIE 10" (3)	100	7.80	2.15	- 1.20	370.0	215.0	- 120
VALVULA DE PIE 10" (4)	100	7.80	- 2.15	- 1.20	370.0	- 215.0	- 120
VALVULA DE PIE 10" (5)	100	11.85	2.15	- 1.20	370.0	215.0	- 120
NIPLE 10" x 1.0 M (1)	99.5	3.70	2.15	- 1.80	368.15	213.92	- 179
NIPLE 10" x 1.0 M (2)	99.5	3.70	- 2.15	- 1.80	368.15	- 213.92	- 179
NIPLE 10" x 1.0 M (3)	99.5	7.80	2.15	- 1.80	776.1	213.92	- 179
NIPLE 10" x 1.0 M (4)	99.5	7.80	- 2.15	- 1.80	776.1	- 213.92	- 179
NIPLE 10" x 1.0 M (5)	99.5	11.85	2.15	- 1.80	1179.1	213.92	- 179
REDUCCION 10" x 8" (1)	50	4.19	1.65	0.34	209.5	82.5	17
REDUCCION 10" x 8" (2)	50	4.19	- 1.65	0.34	209.5	- 82.5	17
REDUCCION 10" x 8" (3)	50	8.24	1.65	0.34	412.0	82.5	17
REDUCCION 10" x 8" (4)	50	8.24	- 1.65	0.34	412.0	- 82.5	17
REDUCCION 10" x 8" (5)	50	12.29	1.65	0.34	614.5	82.5	17
UNION DRESSER 10" Ø (1)	22	4.40	1.45	0.34	96.8	31.9	7.48
UNION DRESSER 10" Ø (2)	22	4.40	- 1.45	0.34	96.8	- 31.9	7.48
UNION DRESSER 10" Ø (3)	22	8.45	1.45	0.34	185.9	31.9	7.48
UNION DRESSER 10" Ø (4)	22	8.45	- 1.45	0.34	185.9	- 31.9	7.48
UNION DRESSER 10" Ø (5)	22	12.50	1.45	0.34	275.0	31.9	7.48

VALV. COMPUERTA 10" Ø (1)	149	4.95	0.88	0.48	737.55	131.12	71.52
VALV. COMPUERTA 10" Ø (2)	149	4.95	- 0.88	0.48	737.55	- 131.12	71.52
VALV. COMPUERTA 10" Ø (3)	149	9.00	0.88	0.48	1341.00	131.12	71.52
VALV. COMPUERTA 10" Ø (4)	149	9.00	- 0.88	0.48	1341.00	- 131.12	71.52
VALV. COMPUERTA 10" Ø (5)	149	13.05	0.88	0.48	1944.45	131.12	71.52
TUB. 88 DE 10" x 55 CM (1)	47.2	4.40	1.42	0.34	207.68	67.02	16.05
TUB. 88 DE 10" x 55 CM (2)	47.2	4.40	- 1.42	0.34	207.68	- 67.02	16.05
TUB. 88 DE 10" x 55 CM (3)	47.2	8.45	1.42	0.34	398.84	67.02	16.05
TUB. 88 DE 10" x 55 CM (4)	47.2	8.45	- 1.42	0.34	398.84	- 67.02	16.05
TUB. 88 DE 10" x 55 CM (5)	47.2	12.50	1.42	0.34	590.00	67.02	16.05
VALV. CHECK 10" Ø (1)	220	4.72	1.12	0.36	1038.4	246.40	79.2
VALV. CHECK 10" Ø (2)	220	4.72	- 1.12	0.36	1038.4	- 246.40	79.2
VALV. CHECK 10" Ø (3)	220	8.77	1.12	0.36	1929.4	246.40	79.2
VALV. CHECK 10" Ø (4)	220	8.77	- 1.12	0.36	1929.4	- 246.40	79.2
VALV. CHECK 10" Ø (5)	220	12.82	1.12	0.36	2820.4	246.40	79.2
TABLERO ELECTRICO (1)	280	1.90	- 2.0	1.44	532.0	- 560.0	403.2
TABLERO ELECTRICO (2)	210	1.90	- 1.05	1.44	399.0	- 220.5	302.4
TABLERO ELECTRICO (3)	210	1.90	- 0.28	1.44	399.0	- 58.8	302.4
TABLERO ELECTRICO (4)	210	1.90	0.52	1.44	399.0	109.2	302.4
TABLERO ELECTRICO (5)	210	1.90	1.32	1.44	399.0	277.2	302.4
TABLERO ELECTRICO (6)	210	1.90	2.12	1.44	399.0	445.2	302.4
YEE 14" x 10" (1)	205	5.27	0.37	0.34	1080.35	75.85	69.7
YEE 14" x 10" (2)	205	5.27	- 0.37	0.34	1080.35	- 75.85	69.7
YEE 14" x 10" (3)	205	9.35	0.37	0.34	1916.75	75.85	69.7
YEE 14" x 10" (4)	205	9.35	- 0.37	0.34	1916.75	- 75.85	69.7
YEE 14" x 10" (5)	205	13.41	0.37	0.34	2749.05	75.85	69.7

TUB. 88 14" Ø x 3.2 M (1)	241	7.30	0.34	0.34	0.34	1759.3	81.94	81.94
TUB. 88 14" Ø x 3.2 M (2)	241	7.30	- 0.34	0.34	0.34	1759.3	- 81.94	81.94
TUB. 88 14" Ø x 3.15 M (3)	237.7	11.35	0.34	0.34	0.34	2697.9	80.8	80.8
TUB. 88 14" Ø x 1.90 M (4)	113	14.60	0.34	0.34	0.34	1649.8	38.4	38.40
TUB. 88 14" Ø x 6.0 M (5)	420.3	12.60	- 0.34	0.34	0.34	5295.8	- 142.90	142.90
CODO 14" x 45º (1)	121	16.0	0.34	0.34	0.34	1936	41.14	41.14
CODO 14"x 45º (2)	121	16.0	- 0.34	0.34	0.34	1936	- 41.14	41.14

ESTRUCTURA DEL CASCO

CUBIERTA

L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4" x 16 M.	97.8	8.0	3.60	0	0	782.4	352.06	0
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4" x 16 M.	97.8	8.0	0	0	0	782.4	0	0
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4" x 16 M.	97.8	8.0	- 3.60	0	0	782.4	- 352.06	0
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4" x 7.2 M.	44.0	0	0	0	0	0	0	0
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4" x 7.2 M	44.0	2.5	0	0	0	110.0	0	0
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4" x 7.2 M.	44.0	6.0	0	0	0	264.0	0	0
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4" x 7.2 M.	44.0	10.0	0	0	0	440.0	0	0
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4" x 7.2 M.	44.0	13.5	0	0	0	594.0	0	0



L 1 1/2 x 1 1/2 x 3/16 x 7.2 M.	19.32	9.0	0	0	0	173.88	0	0	
L 1 1/2 x 1 1/2 x 3/16 x 7.2 M.	19.32	10.75	0	0	0	207.69	0	0	
L 1 3/4 x 1 3/4 x 1/4 x 7.2 M.	29.73	11.50	0	0	0	341.90	0	0	
L 1 3/4 x 1 3/4 x 1/4 x 7.2 M.	29.73	12.50	0	0	0	371.62	0	0	
L 1 3/4 x 1 3/4 x 1/4 x 7.2 M.	29.73	14.50	0	0	0	431.08	0	0	
FONDO									
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 16 M.	97.8	8.0	3.6	- 2.0	- 2.0	782.4	352.08	- 195.6	
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 16 M.	97.8	8.0	0	- 2.0	- 2.0	782.4	0	- 195.6	
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 16 M.	97.8	8.0	- 3.6	- 2.0	- 2.0	782.4	- 352.08	- 195.6	
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 7.2 M.	44.0	0.0	0	- 2.0	- 2.0	0	0	- 88.0	
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 7.2 M.	44.0	2.5	0	- 2.0	- 2.0	110.0	0	- 88.0	
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 7.2 M.	44.0	6.0	0	- 2.0	- 2.0	264.0	0	- 88.0	
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 7.2 M.	44.0	10.0	0	- 2.0	- 2.0	440.0	0	- 88.0	

L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 7.2 M.	44.0	13.5	0	- 2.0	594.0	0	-	88.0
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 7.2 M.	44.0	16.0	0	- 2.0	704.0	0	-	88.0
R 1/4 DE 7.20 x 16 M.	5705.86	8.0	0	- 2.0	45646.88	0	-	5705.86

REFUERZO DEL FONDO

L 1 3/4 x 1 3/4 x 1/4 x 16 M.	66.07	8.0	1.8	- 2.0	528.56	118.93	-	132.14
L 1 3/4 x 1 3/4 x 1/4 x 16 M.	66.07	8.0	- 1.8	- 2.0	528.56	- 118.93	-	132.14
L 1 1/2 x 1 1/2 x 3/16 x 7.2 M.	19.32	1.5	0	- 2.0	28.96	0	-	38.64
L 1 1/2 x 1 1/2 x 3/16 x 7.2 M.	19.32	3.4	0	- 2.0	65.69	0	-	38.64
L 1 1/2 x 1 1/2 x 3/16 x 7.2 M.	19.37	4.1	0	- 2.0	72.21	0	-	38.64
L 1 1/2 x 1 1/2 x 3/16 x 7.2 M.	19.32	5.0	0	- 2.0	96.6	0	-	38.64
L 1 1/2 x 1 1/2 x 3/16 x 7.2 M.	19.32	7.0	0	- 2.0	135.24	0	-	38.64
L 1 1/2 x 1 1/2 x 3/16 x 7.2 M.	19.32	8.0	0	- 2.0	154.56	0	-	38.64
L 1 1/2 x 1 1/2 x 3/16 x 7.2 M.	19.32	9.0	0	- 2.0	173.88	0	-	38.64
L 1 1/2 x 1 1/2 x 3/16 x 7.2 M.	19.32	10.75	0	- 2.0	207.69	0	-	38.64

L 1 1/2 x 1 1/2 x 3/16 x 7.2 M.	19.32	11.50	0	- 2.0	222.18	0	-	38.64
L 1 1/2 x 1 1/2 x 3/16 x 7.2 M.	19.32	12.50	0	- 2.0	241.50	0	-	38.64
L 1 1/2 x 1 1/2 x 3/16 x 7.2 M.	19.32	14.50	0	- 2.0	280.14	0	-	38.64

FORROS LATERALES (BABOR-ESTIBOR)

L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 16 M.	97.8	8.0	3.6	- 0.75	782.4	352.08	-	73.35
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 16 M.	97.8	8.0	3.6	- 1.5	782.4	352.08	-	146.7
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 2.0 M.	12.22	0	3.6	- 1.0	0	44.00	-	12.2
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 2.0 M.	12.22	2.5	3.6	- 1.0	30.55	44.00	-	12.2
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 2.0 M.	12.22	6.0	3.6	- 1.0	73.32	44.00	-	12.2
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 2.0 M.	12.22	10.0	3.6	- 1.0	122.2	44.00	-	12.2
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 2.0 M.	12.22	13.5	3.6	- 1.0	164.97	44.00	-	12.2
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 2.0 M.	12.22	16.0	3.6	- 1.0	195.52	44.00	-	12.2
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 16 M.	97.8	8.0	- 3.6	- 0.75	782.4	- 352.08	-	73.35

L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 16 M.	97.8	8.0	- 3.6	- 1.5	782.4	- 352.08	- 146.7
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 2.0 M.	12.22	0	- 3.6	- 1.0	0	- 44.0	- 12.2
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 2.0 M.	12.22	2.5	- 3.6	- 1.0	30.55	- 44.0	- 12.2
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 2.0 M.	12.22	6.0	- 3.6	- 1.0	73.32	- 44.0	- 12.2
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 2.0 M.	12.22	10.0	- 3.6	- 1.0	122.2	44.0	12.22
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 2.0 M.	12.22	13.5	- 3.6	- 1.0	164.97	- 44.0	- 12.22
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 2.0 M.	12.22	16.0	- 3.6	- 1.0	195.52	- 44.0	- 12.22
R 1/4 DE 2.0 x 16.0 M.	1584.96	8.0	3.6	- 1.0	12679.68	5705.86	- 1584.96
R 1/4 DE 2.0 x 16.0 M.	1584.96	8.0	- 3.6	- 1.0	12679.68	- 5705.86	- 1584.96

REFUERZO DE FORROS LATERALES

L 1 1/2 x 1 1/2 x 3/16 x 2.0 M.	5.37	1.25	3.6	- 1.0	6.71	19.33	5.37
L 1 1/2 x 1 1/2 x 3/16 x 2.0 M.	5.37	3.68	3.6	- 1.0	19.76	19.33	- 5.37
L 1 1/2 x 1 1/2 x 3/16 x 2.0 M.	5.37	4.84	3.6	- 1.0	26.0	19.33	- 5.37
L 1 1/2 x 1 1/2 x 3/16 x 2.0 M.	5.37	7.00	3.6	- 1.0	37.59	19.33	5.37
L 1 1/2 x 1 1/2 x 3/16 x 2.0 M.	5.37	8.0	3.6	- 1.0	42.96	19.33	- 5.37

L 1 1/2 x 1 1/2 x 3/16 x 2.0 M.	5.37	9.0	3.6	- 1.0	48.33	19.33	-	5.37
L 1 1/2 x 1 1/2 x 3/16 x 2.0 M.	5.37	11.18	3.6	- 1.0	60.04	19.33	-	5.37
L 1 1/2 x 1 1/2 x 3/16 x 2.0 M.	5.37	12.34	3.6	- 1.0	66.26	19.33	-	5.37
L 1 1/2 x 1 1/2 x 3/16 x 2.0 M.	5.37	14.75	3.6	- 1.0	79.21	19.33	-	5.37
L 1 1/2 x 1 1/2 x 3/16 x 2.0 M.	5.37	1.25	- 3.6	- 1.0	6.71	- 19.33	-	5.37
L 1 1/2 x 1 1/2 x 3/16 x 2.0 M.	5.37	3.68	- 3.6	- 1.0	19.76	- 19.33	-	5.37
L 1 1/2 x 1 1/2 x 3/16 x 2.0 M.	5.37	4.84	- 3.6	- 1.0	26.0	- 19.33	-	5.37
L 1 1/2 x 1 1/2 x 3/16 x 2.0 M.	5.37	7.00	- 3.6	- 1.0	37.59	- 19.33	-	5.37
L 1 1/2 x 1 1/2 x 3/16 x 2.0 M.	5.37	8.00	- 3.6	- 1.0	42.96	- 19.33	-	5.37
L 1 1/2 x 1 1/2 x 3/16 x 2.0 M.	5.37	9.00	- 3.6	- 1.0	48.33	- 19.33	-	5.37
L 1 1/2 x 1 1/2 x 3/16 x 2.0 M.	5.37	11.18	- 3.6	- 1.0	60.04	19.33	-	5.37
L 1 1/2 x 1 1/2 x 3/16 x 2.0 M.	5.37	12.34	- 3.6	- 1.0	66.26	19.33	-	5.37
L 1 1/2 x 1 1/12 x 3/16 x 2.0 M.	5.37	14.75	- 3.6	- 1.0	79.21	- 19.33	-	5.37

FORROS A POPA Y PROA

L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 7.20 M.	44.0	0	0	- 0.75	0	0	-	33.0
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 7.20 M.	44.0	0	0	- 1.50	0	0	-	66.0
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 2.0 M.	12.22	0	1.8	- 1.0	0	22.0	-	12.22
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 2.0 M.	12.22	0	0	- 1.0	0	0	-	12.22
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 2.0 M.	12.22	0	- 1.8	- 1.0	0	- 22.0	-	12.22
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 7.2 M.	44.00	16	0	- 0.75	704	0	-	33.0
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 7.2 M.	44.00	16	0	- 1.50	704	0	-	66.0
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 2.0 M.	12.22	16	1.8	- 1.0	195.52	22.0	-	12.22
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 2.0 M.	12.22	16	0	- 1.0	195.52	0	-	12.22
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 2.0 M.	12.22	16	- 1.8	- 1.0	195.52	- 22.0	-	12.22
R 1/4 DE 2.0 x 7.20 M.	713.23	0	0	- 1.0	0	0	-	713.23
R 1/4 DE 2.0 x 7.20 M.	713.23	16	0	- 1.0	11411.68	0	-	713.23

REFUERZOS DE FORROS A PROA Y POPA

L 1 1/2 x 1 1/2 x 3/16 x 2.0 M.	5.37	0	2.70	- 1.0	0	14.5	-	5.37
L 1 1/2 x 1 1/2 x 3/16 x 2.0 M.	5.37	0	0.90	- 1.0	0	4.83	-	5.37
L 1 1/2 x 1 1/2 x 3/16 x 2.0 M.	5.37	0	- 0.90	- 1.0	0	- 4.83	-	5.37
L 1 1/2 x 1 1/2 x 3/16 x 2.0 M.	5.37	0	- 2.70	- 1.0	0	- 14.5	-	5.37
L 1 1/2 x 1 1/2 x 3/16 x 2.0 M.	5.37	16	2.70	- 1.0	85.92	14.5	-	5.37
L 1 1/2 x 1 1/2 x 3/16 x 2.0 M.	5.37	16	0.90	- 1.0	85.92	4.83	-	5.37
L 1 1/2 x 1 1/2 x 3/16 x 2.0 M.	5.37	16	- 0.90	- 1.0	85.92	- 4.83	-	5.37
L 1 1/2 x 1 1/2 x 3/16 x 2.0 M.	5.37	16	- 2.70	- 1.0	85.92	- 14.50	-	5.37
<u>DOBLE FONDO</u>								
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 16.0 M.	97.8	8.0	1.80	- 1.50	782.4	176.04	-	146.7
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 16.0 M.	97.8	8.0	0	- 1.50	782.4	0	-	146.7
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 16.0 M.	97.8	8.0	- 1.80	- 1.50	782.4	176.04	-	146.7

L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 7.20 M.	44.0	2.5	0	- 1.50	110.0	0	-	66.0
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 7.20 M.	44.0	6.0	0	- 1.50	264.0	0	-	66.0
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 7.20 M.	44.0	10.0	0	- 1.50	440.0	0	-	66.0
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 7.20 M.	44.0	13.5	0	- 1.50	594.0	0	-	66.0
R 1/4" DE 7.20 x 16.0 M.	5705.86	8.0	0	- 1.50	45646.88	0	-	8558.80
MANPARO LONGITUDINAL								
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 16 M.	97.8	8.0	0	- 0.75	782.4	0	-	73.35
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 2.0 M.	12.22	2.5	0	- 1.0	30.55	0	-	12.22
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 2.0 M.	12.22	6.0	0	- 1.0	73.32	0	-	12.22
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 2.0 M.	12.22	10.0	0	- 1.0	122.20	0	-	12.22
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 2.0 M.	12.22	13.5	0	- 1.0	164.97	0	-	12.22
R 1/8" DE 1.5 x 16.0 M.	594.24	8.0	0	- 0.75	4752.0	0	-	445.68
MANPAROS TRANSVERSALES (4)								
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 2.0 M.	12.22	2.5	1.8	- 1.0	30.55	22	-	12.22

L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 2.0 M.	12.22	2.5	- 1.8	- 1.0	30.55	- 22	- 12.22
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 2.0 M.	12.22	6.0	1.8	- 1.0	73.32	22	- 12.22
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 2.0 M.	12.22	6.0	- 1.8	- 1.0	73.32	22	12.22
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 2.0 M.	12.22	10.0	1.8	- 1.0	122.20	22	12.22
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 2.0 M.	12.22	10.0	- 1.8	- 1.0	122.20	22	12.22
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 2.0 M.	12.22	13.5	1.8	- 1.0	164.97	22	- 12.22
L 2 1/2 x 2 1/2 x 1/4 x 2.0 M.	12.22	13.5	- 1.8	- 1.0	164.97	- 22	- 12.22
RL 1/8" DE 1.5 x 7.20 M.	267.41	2.5	0	- 0.75	668.52	0	- 200.56
RL 1/8" DE 1.5 x 7.20 M.	267.41	6.0	0	- 0.75	1604.46	0	- 200.56
RL 1/8" DE 1.5 x 7.20 M.	267.41	10.0	0	- 0.75	2674.10	0	- 200.56
RL 1/8" DE 1.5 M. x 7.20 M.	267.41	13.5	0	- 0.75	3610.03	0	- 200.56

ESTRUCTURA DE TECLES

⌈ 8 x 3 1/2 DE 21.4 LB/PIE x 7.60 M.	484.96	2.8	3.00	1.80	1357.89	1454.88	872.93
⌈ 8 x 3 1/2 DE 21.4 LB/PIE x 7.60 M.	484.96	2.8	- 3.00	1.80	1357.89	- 1454.88	872.93
⌈ 8 x 3 1/2 DE 21.4 LB/PIE x 7.60 M.	484.96	8.3	3.00	1.80	4025.17	1454.88	872.93

[ 8 x 3 1/2 DE 21.4 LB/PIE x 7.60 M.	484.96	8.3	- 3.00	1.80	4025.17	- 1454.88	872.93
[ 8 x 3 1/2 DE 21.4 LB/PIE x 7.60 M.	484.96	13.8	3.00	1.80	6692.45	1454.88	872.93
[ 8 x 3 1/2 DE 21.4 LB/PIE x 7.60 M.	484.96	13.8	- 3.00	1.80	6692.45	- 1454.88	872.93
[ 8 x 3 1/2 DE 21.4 LB/PIE x 6.00	191.43	2.8	0	5.60	536.0	0	1072.0
[ 8 x 3 1/2 DE 21.4 LB/PIE x 6.00 M.	191.43	8.3	0	5.60	1588.87	0	1072.0
[ 8 x 3 1/2 DE 21.4 LB/PIE x 6.0 M.	191.43	13.8	0	5.60	2641.73	0	1072.0
I WF 10 x 8 DE 33 LB/PIE x - 11.0 M.	541.2	8.3	2.80	4.75	4491.96	1515.36	2570.7
I WF 10 x 8 DE 33 LB/PIE x - 11.0 M.	541.2	8.3	- 2.80	4.75	4491.96	- 1515.36	2570.7
12 I 31.8 LB/PIE DE 5.60 CARRETE Y TECLES	265.50	8.3	0	5.10	2203.65	0	1354.05
	240	8.3	- 2.80	4.75	1992.0	- 672.0	1140.0
<u>SOPORTES DE VIGA CARRETERA CON R 3/8"</u>							
SOPORTE Nº 1	20 KG	2.8	2.80	4.45	56.0	56.0	89
SOPORTE Nº 2	20 KG	2.8	- 2.80	4.45	56.0	- 56.0	89
SOPORTE Nº 3	20 KG	8.3	2.80	4.45	166.0	56.0	89
SOPORTE Nº 4	20 KG	8.3	- 2.80	4.45	166.0	- 56.0	89
SOPORTE Nº 5	20 KG	13.8	2.80	4.45	276.0	56.0	89
SOPORTE Nº 6	20 KG	13.8	- 2.80	4.45	276.0	- 56.0	89

CASETA

LADOS DE LA CASETA

8ABOR: R 3/32 x 5.60 x 13.0 M. CON 4L 2 x 2 x3/16 x 5.60 M. Y REFUERZOS	1460 KG	8.0	3.0	2.80	11680	4380	4088
ESTRIBOR: R 3/32 x 5.60 x - 1.30 M. CON 4L2 x 2 3/16 x 5.60 Y RE FUERZOS.	1460 KG	8.0	- 3.0	2.80	11680	- 4380	4088
PROA: R 3/32 x 5.60 x 6.0 M CON 2L 2 x 2 x 3/16 x 5.60	670 KG	14.5	0	2.80	9715	0	1876
POPA: R 3/32 x 5.60 x 1.60M CON 2L 2 x 2 x 3/16 x 5.60	670	1.5	0	2.80	9715	0	1876

TECHO

R 3/32 x 3.90 x 13.80 CON L 1 1/2 x 1 1/2 x 3/16	1053	8.0	1.95	5.70	8424	2053.35	6002.1
R 3/32 x 3.90 x 13.80 CON L 1 1/2 x 1 1/2 x 3/16	1053	8.0	- 1.95	5.70	8424	- 2053.35	6002.1

APOYO DE TUBERIA Y ACCESORIOS

APOYO CON R 3/8"	39.4	5.30	0.34	0.08	208.82	13.4	3.15
------------------	------	------	------	------	--------	------	------

APOYO CON R 3/8"	39.4	5.30	- 0.34	0.08	208.82	-	13.4	3.15
APOYO CON R 3/8"	39.4	9.40	0.34	0.08	370.36		13.4	3.15
APOYO CON R 3/8"	39.4	9.40	- 0.34	0.08	370.36	-	13.4	3.15
APOYO CON R 3/8"	39.4	13.50	0.34	0.08	531.90		13.4	3.15
APOYO CON R 3/8"	39.4	13.50	- 0.34	0.08	531.90	-	13.4	3.15
APOYO CON R 3/8"	39.4	15.40	0.34	0.08	606.76		13.4	3.15
APOYO CON R 3/8"	39.4	15.40	- 0.34	0.08	606.76	-	13.4	3.15
APOYO CON R 3/8"	27.6	4.70	1.10	0.08	129.72		30.36	2.20
APOYO CON R 3/8"	27.6	4.70	- 1.10	0.08	129.72	-	30.36	2.20
APOYO CON R 3/8"	27.6	8.80	1.10	0.08	242.88		30.36	2.20
APOYO CON R 3/8"	27.6	8.80	- 1.10	0.08	242.88	-	30.36	2.20
APOYO CON R 3/82	27.6	12.90	1.10	0.08	356.04		30.36	2.20

ESTABILIZADORES DE BARCAZA

ESTABILIZADOR N° 1	300	0.4	2.45	0.68	120.0		735	204
ESTABILIZADOR N° 2	300	0.4	- 2.45	0.68	120.0	-	735	204
ESTABILIZADOR N° 3	300	15.6	2.45	0.68	4680.0		735	204
ESTABILIZADOR N° 4	300	15.6	- 2.45	0.68	4620.0	-	735	204
PESO DE ANCLA N° 1	200	- 0.8	2.45	0	- 160.0		490	0
PESO DE ANCLA N° 2	200	- 0.8	- 2.45	0	- 160.0	-	490	0
PESO DE ANCLA N° 3	200	16.8	2.45	0	3360.0		490	0
PESO DE ANCLA N° 4	200	16.8	- 2.45	0	3360.0	-	490	0
VALV.COMP. Ø 14" BB	2084	15.60	0.34	0.50	3244.8		70.72	104
VALV. COMP. Ø 14" BB	208	15.60	- 0.34	0.50	3244.8	-	70.72	104
VALV. ALIVIO DE PRESION Ø 6"	109	3.95	0.34	0.36	430.55		37.06	39.24
VALV. ALIVIO DE PRESION Ø 6"	109	3.95	- 0.34	0.36	430.55	-	37.06	39.24

REDUCCION 14" x 6" BB ACERO	68	4.68	0.34	0.34	0.34	271.44	19.72	19.72
REDUCCION 14" x 6" BB ACERO	58	4.68	- 0.34	0.34	-	271.44	- 19.72	19.72
VALV.COMP. Ø 6" BB. FO.FDO.	90	4.28	0.34	0.44	0.44	385.2	30.6	39.6
VALV. COMP. Ø 6" BB FO.FDO.	90	4.28	- 0.34	0.44	-	385.2	- 30.6	39.6
TUB. ACERO Ø 6" x 2.0 M.	59.4	3.55	0.34	- 1.0	20.2	210.87	20.2	- 59.4
TUB. ACERO Ø 6" x 2.0 M.	59.4	3.55	- 0.34	- 1.0	-	210.87	- 20.2	- 59.4
CODO 6" x 90º BB FO.FDO.	29.2	3.55	0.34	0.27	9.93	103.66	9.93	7.88
CODO 6" x 90º BB FO.FDO.	29.2	3.55	- 0.34	0.27	-	103.66	- 9.93	7.88
PESO AGUA EN TUB. Ø 14" x 11M	1015	10.30	0.34	0.34	345.10	10454.5	345.10	345.10
PESO AGUA EN TUB. Ø 14" x 11M	1015	10.30	- 0.34	0.34	-	10454.5	- 345.10	345.10
T O T A L	57,391.94					442.930.89	2,900.83	28,290.15

#### 4.2.5.2 DESPLAZAMIENTO TOTAL (A)

Peso de Barcaza y Accesorios	:	57,391.94	kg.
Peso aprox. de 5 personas	:	350	kg.
Peso aprox. de cable eléctrico	:	300	kg.

Como en los cálculos del Diseño Inicial el Radio Metacéntrico y por ende la Altura Metacéntrica fueron muy grandes, de acuerdo a lo sugerido se ha creado un falso fondo de .50 m. de altura y llenado con agua , con lo que se logra:

- Aumentar el Desplazamiento
- Bajar el centro de gravedad ( $\bar{Z}$ )
- Disminuir la magnitud del Radio Metacéntrico y Altura Metacéntrica.
- Mejorar la estabilidad de la Barcaza.

Peso aproximado del agua del falso fondo:

$$V = 0.50 \text{ m.} \times 7.20 \text{ m.} \times 16 \text{ m.} \times 1000 \text{ kg/m}^3. = 57,600 \text{ kg.}$$

$$A \text{ total} = 57,391.94 + 350 + 57,600 + 300$$

$$A \text{ total} = 115,641.94 \text{ kg.}$$

#### 4.2.5.3 MOMENTO TOTAL RESPECTO AL EJE "Z"

Momento total respecto a eje "Z" = Mto de partes de la Barcaza + Mto del volúmen de agua del falso fondo.

$$\begin{aligned} \text{Mto del peso del agua del falso fondo} &= P \times d = 57,600 \times (-1.75) \\ &= 100,800 \text{ kg-m.} \end{aligned}$$

Mto total respecto a eje "Z"  $28,290.15 + (-100,800) =$   
 $-72,509.85$  kg-m.

#### 4.2.6 CALCULOS DE FLOTABILIDAD Y ESTABILIDAD

##### 4.2.6.1 CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE ESTABILIDAD

En lo que respecta a la estabilidad la altura metacéntrica inicial tiene un valor muy importante, y aunque no decisivo para dictaminar sobre la estabilidad de un buque en general y en particular de la Barcaza Flotante, son las curvas de estabilidad las determinantes.

La altura metacéntrica inicial, estabilidad inicial debe satisfacer las siguientes condiciones:

- a. Lo suficientemente amplia para evitar que la Barcaza de la vuelta o que tome demasiada inclinación en caso de inundación por avería.
- b. Lo suficientemente amplia para evitar ángulos de inclinación desagradables, en caso que se corra parte de la carga.
- c. Lo suficientemente amplia para reducir al mínimo la posibilidad de una inclinación grave por la presión de un fuerte viento.
- d. Lo suficientemente pequeña para evitar un balanceo violento.

La condición (d) es determinante para buques de pasajeros, para nuestro caso no.

Para buques una comparación estimable de la altura metacéntrica es compararla con la manga, así por ejemplo :

- Para buques de pasajeros la altura metacéntrica no excede del 1% de la manga.
- Para buques cargueros GM varía del 3 al 5% de la manga al inicio del viaje y del 1 al 2% al concluir el viaje.
- Para buques cargueros pequeños y en los costeros GM llega hasta el 7% de la manga.
- Para buques pesqueros los valores de GM de modo general deben ser mayores de 0.60 m. en la peor condición de carga.

En cuanto a las medidas cuantitativas que indiquen los límites entre los que pueden admitir las curvas de estabilidad estática es lo que constituyen los criterios de estabilidad.

La I.M.C.O. (Organización Consultiva Marítima Internacional) es la encargada de dar sugerencias sobre estabilidad y no hay valores exactos, sino límites por la complejidad de los casos. Hay muchos criterios de estabilidad y entre ellos, como más modernos se puede citar el criterio de Rahola, el Japonés, el ruso, etc.

#### 4.2.6.2 CRITERIO DE ESTABILIDAD DE RAHOLA

La administración española aplica este criterio para sus buques, y yo la tomo en cuenta para establecer los parámetros de estabilidad estática de la Barcaza Flotante.

Es un criterio estadístico del Ing<sup>o</sup> Filandés RAHOLA basado

en ver hasta la última consecuencia las causas de los hundimientos de muchos buques atribuidas a pérdidas de estabilidad, - viendo y analizando las curvas de estos buques, dió las siguientes Normas:

a. Para buques de pasajeros y carga con esloras mayores de 100 m.

- Los valores mínimos de los brazos GZ o h de los pares adrizantes serán:

140 mm. para 20° de escora

200 mm. para 30° de escora

200 mm. para 40° de escora

- Los valores máximos de los brazos GZ o h se producirán en el intervalo de escora comprendido entre 30° y 40°.

b. Para buques de pasajeros y carga con esloras menores de 100 m.

Para todas las condiciones de carga las curvas de estabilidad deberán satisfacer:

- El brazo adrizante h será como mínimo de 0.20 m. para  $\theta$  30°.

- El valor máximo del brazo adrizante corresponderá a un ángulo mayor de 25°.

- La altura metacéntrica inicial G<sub>Mo</sub> será mayor de 0.5 m.

Además de las Normas del criterio de RAHOLA se debe cumplir que :

- Al trazar la curva de estabilidad estática a pequeños ángulos de inclinación (generalmente hasta 7 grados) la curva es una línea recta que al prolongarse debe pasar por un punto cuya ordenada sería igual al GM inicial y cuya abscisa es el radian (57.3° )
- El límite de la estabilidad positiva es de 90°
- El alcance de estabilidad debe darse para ángulos mayores de 60° (sociedad de clasificación DSRK).

Con los parámetros establecidos, calculo la flotabilidad y estabilidad.

#### 4.2.6.3 CALCULOS DE FLOTABILIDAD

Debe cumplirse que:

$$E = W_L = A$$

$$W_L = H \times B \times L \times 1000 = A$$

$$H = \frac{A}{B \times L \times 1000} = \frac{115,641.94}{7.2 \times 16 \times 1000}$$

$$H = 1.003 \text{ m.} \approx H = 1.0 \text{ m.}$$

En lo sucesivo se trabajará con altura de flotación H= 1.00m.

#### 4.2.6.4 CALCULO DE LA ESTABILIDAD

##### Determinación del Centro de Gravedad

$$\bar{X} = \frac{\sum P \cdot X}{P} = \frac{903,730.89}{115,641.94} = 7.815 \text{ m.}$$

$$(\sum P \cdot \bar{X} = 442,930.89 + 57,600 \times 8)$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum P \cdot Y}{P} = \frac{2900.83}{115,641.94} = 0.025 \text{ m.}$$

$$\bar{Z} = \frac{\sum P \cdot Z}{P} = \frac{72,509.85}{115,641.94} = - 0.627 \text{ m.}$$

(por debajo de la cubierta).

##### Cálculo del Radio Metacéntrico ( $\overline{BM}$ )

$$BM = \frac{I}{V}$$

donde:

I : Momento de inercia transversal de la superficie flotación =  $\frac{LB^3}{12}$

V : Volumen de carena : BLH

por tanto  $BM = \frac{B^3L/12}{BLH} = \frac{B^2}{12H}$

$$BM = \frac{(7.2)^2}{12 \times 1.00} = 4.32 \text{ m.}$$

Cálculo de Altura Metacéntrica ( $\overline{GM}$ )

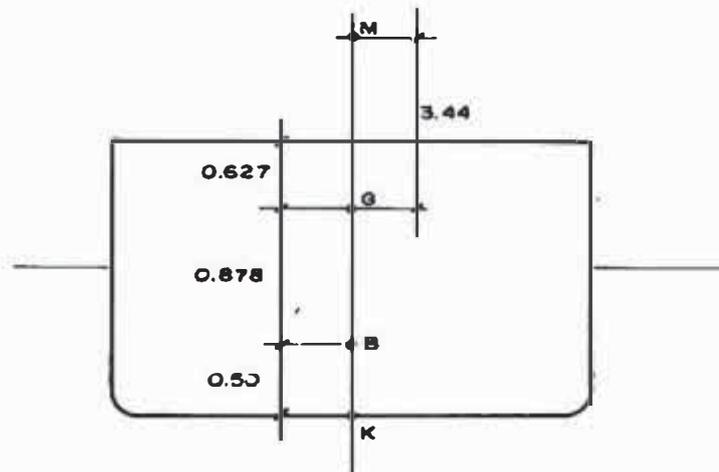
$$\overline{GM} = \overline{KB} + \overline{BM} - \overline{KG}$$

$$\overline{GM} = 0.50 + 4.32 - 1.373$$

$$\overline{GM} = 3.44 \text{ m.}$$

$\overline{GM}$  = es positivo, por tanto hay equilibrio estable.

$\overline{GM}$  = 47% de la manga (B)

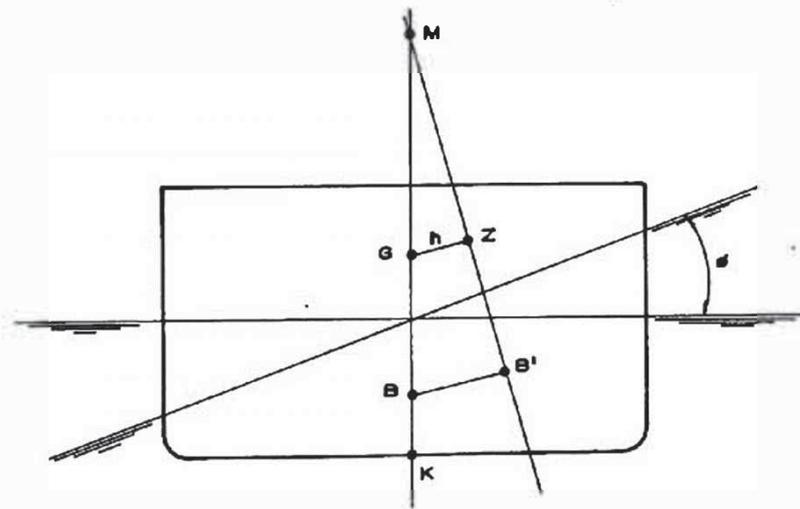


Este valor de  $\overline{GM}$  es un poco elevado para los casos de buques cargueros y de pasajeros, pero para mi caso no; además si con este valor el rango de valores de los brazos adrizantes cumplen con los parámetros establecidos por el criterio de RAHO-LA, el valor de  $\overline{GM}$  será correcto.

### Cálculo de los Brazos Adrizantes

La estabilidad inicial de la Barcaza o su tendencia a volver a la posición de adrizado cuando se ha inclinado un ángulo pequeño, se mide por la altura metacéntrica inicial o  $\overline{GM}$ .

El GM nos da una idea de lo que es la estabilidad y bastante aproximada para ángulos menores de  $7^\circ$ . Sin embargo, para ángulos superiores a  $7^\circ$  tendremos que medir la estabilidad por el brazo de palanca GZ o h.



Para el cálculo de las curvas de Brazos Adrizantes se considera ;

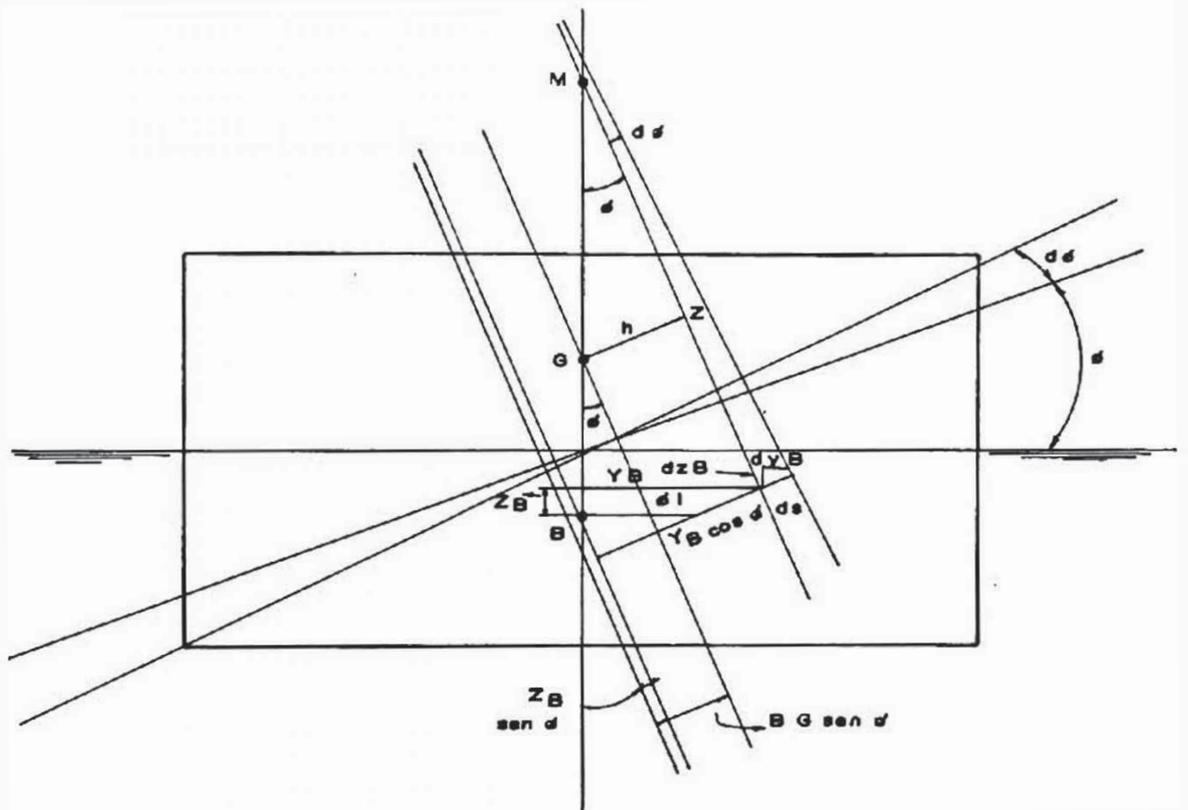
$V = \text{constante}$

$V = \text{volumen sumergido}$

Para mi caso, considero la Barcaza con los forros totalmente verticales con lo que cometo un error mínimo puesto que

los redondeos son de pequeña magnitud.

La deducción de la fórmula que sigue es para valores de los brazos adrizantes "h" para ángulos ( $\theta$ ) hasta que la cubierta toque agua.



de la figura anterior se determina el valor de "h"

$$h = Y_B \cos \theta + (Z_B - B_G) \sin \theta \dots (1)$$

además si tomo un d  $\theta$  si tiene :

$$dy_B = ds \cos \theta$$

$$dz_B = ds \sin \theta$$

$$\text{pero } ds = \overline{B \theta M \theta} d \theta$$

$$Y_B = \int_0^{\theta} \overline{B \theta M \theta} \cos \theta d \theta$$

$$Z_B = \int_0^{\theta} \overline{B\theta M\theta} \sin \theta d\theta$$

$$\overline{B\theta M\theta} = \frac{I_T \theta}{V}$$

$$Y_B = \int_0^{\theta} \frac{I_T \theta}{V} \cos \theta d\theta \dots\dots\dots (2)$$

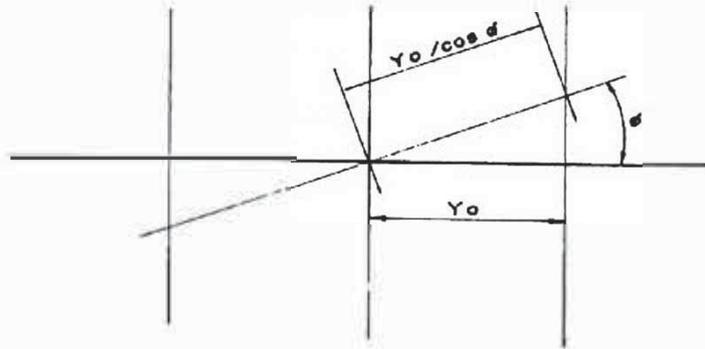
$$Z_B = \int_0^{\theta} \frac{I_T \theta}{V} \sin \theta d\theta \dots\dots\dots (3)$$

luego :

El momento de inercia del plano de flotación de la Barcaza con respecto a su eje longitudinal es:

$$I_T = \frac{2}{3} \int_0^L y_0^3 dx$$

$$I_{T\theta} = \frac{2}{3} \int_0^L \frac{y_0^3}{\cos^3 \theta} dx = \frac{2}{3} \cdot \frac{1}{\cos^3 \theta} \times \int_0^L y_0^3 dx = \frac{I_T}{\cos^3 \theta} \dots\dots (4)$$



(4) en (2) y (3)

$$Y_B = \int_0^{\theta} \frac{I_T}{V} \cdot \frac{1}{\cos^3 \theta} \cos \theta d\theta \Rightarrow Y_B =$$

$$\int_0^{\theta} \frac{I_T}{V} \cdot \frac{1}{\cos^2 \theta} d\theta$$

pero  $\overline{BM} = \frac{I_T}{V}$

$$Y_B = \int_0^{\theta} \overline{BM} \frac{1}{\cos^2 \theta} d\theta = \overline{BM} \int_0^{\theta} \frac{1}{\cos^2 \theta} d\theta \Rightarrow$$

$$Y_B = \overline{BM} \operatorname{tg} \varnothing \dots\dots\dots (5)$$

$$Z_B = \int_0^{\varnothing} \frac{I_T}{V} \frac{\operatorname{sen} \varnothing}{\cos^3 \varnothing} d \varnothing$$

$$Z_B = \overline{BM} \int \frac{\operatorname{sen} \varnothing}{\cos^3 \varnothing} d \varnothing \quad Z_B = \overline{BM} \frac{\operatorname{tg}^2 \varnothing}{2} \dots\dots\dots (6)$$

(5) y (6) en (1)

$$h = \overline{BM} \operatorname{tg} \varnothing \cos \varnothing + \frac{(\overline{BM} \operatorname{tg}^2 \varnothing - \overline{BG}) \operatorname{sen} \varnothing}{2}$$

$$h = \overline{BM} \operatorname{sen} \varnothing + \frac{\overline{BM} \operatorname{tg}^2 \varnothing}{2} \operatorname{sen} \varnothing - \overline{BG} \operatorname{sen} \varnothing$$

$$h = (\overline{BM} - \overline{BG}) \operatorname{sen} \varnothing + \frac{\overline{BM} \operatorname{tg}^2 \varnothing}{2} \operatorname{sen} \varnothing$$

$$h = \frac{(\overline{GM} + \overline{BM} \operatorname{tg}^2 \varnothing)}{2} \operatorname{sen} \varnothing \dots\dots\dots (7)$$

fórmula válida para calcular los brazos adrizantes para ángulos de escora que van de 0° a  $\varnothing_1$

Cálculo del Angulo de Escora para lo cual la Cubierta toca

Agua ( $\varnothing_1$ )

$$\varnothing_1 = \operatorname{Arc} \operatorname{tg} \frac{(\text{Puntal} - \text{Calado})}{\text{semi manga}} = \operatorname{Arc} \operatorname{tg} \frac{D-H}{B/2}$$

$$\varnothing_1 = \operatorname{Arc} \operatorname{tg} \frac{(2 - 1)}{3.6}$$

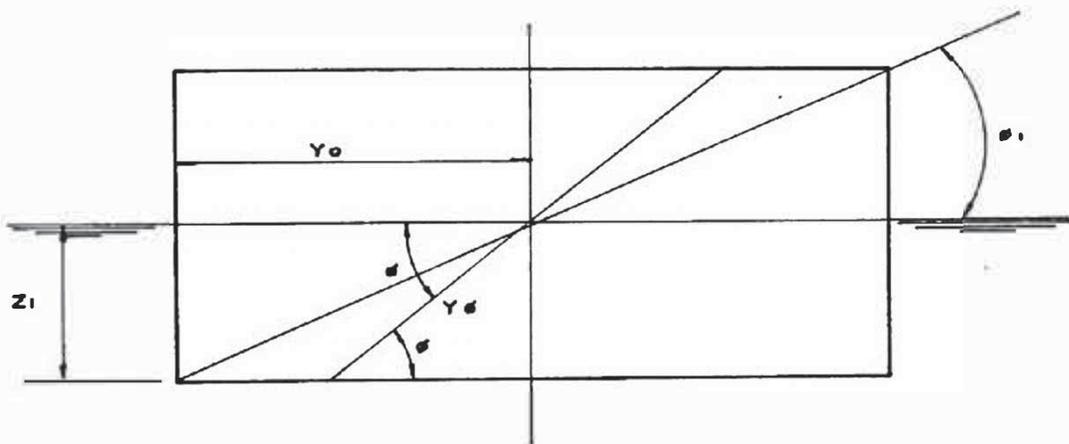
$$\theta_1 = \text{Arc tg } 0.2777$$

$$\theta_1 = 15.524^\circ$$

Determinación de la Ecuación para Calcular "h" para Angulos yores A  $\theta_1$

Para este caso particular calado =  $\frac{1}{2}$  Puntal

Se determinó que:  $h = Y_B \cos \theta + (Z_B - BG) \text{ sen } \theta \dots\dots\dots(8)$



$$z_1 = y_0 \text{ tg } \theta_1$$

$$y_\theta = \frac{z_1}{\text{sen } \theta} = \frac{y_0 \text{ tg } \theta_1}{\text{sen } \theta}$$

luego

$$I_{T\theta} = \frac{2}{3} \int \left( \frac{y_0 \text{ tg } \theta_1}{\text{sen } \theta} \right)^3 dx = \frac{2}{3} \int y_0^3 \frac{\text{tg}^3 \theta_1}{\text{sen}^3 \theta} dx$$

$$I_{T\theta} = \frac{I_T \text{ tg}^3 \theta_1}{\text{sen}^3 \theta}$$

$$\overline{B\theta M\theta} = \frac{I_T \theta}{V} = \frac{I_T \operatorname{tg}^3 \theta_1}{V \operatorname{sen}^3 \theta} = \frac{BM \operatorname{tg}^3 \theta_1}{\operatorname{sen}^3 \theta}$$

Luego :

$$Y_B = \int_{\theta_1}^{\theta} \overline{B\theta M\theta} \cos \theta \, d\theta$$

$$= \int_{\theta_1}^{\theta} \frac{BM \operatorname{tg}^3 \theta_1}{\operatorname{sen}^3 \theta} \cos \theta \, d\theta + Y_{B1}$$

$$= BM \operatorname{tg}^3 \theta_1 \int_{\theta_1}^{\theta} \frac{\cos \theta}{\operatorname{sen}^3 \theta} \, d\theta + Y_{B1}$$

$$Y_B = BM \operatorname{tg}^3 \theta_1 \int_{\theta_1}^{\theta} \frac{\cot \theta}{\operatorname{sen}^2 \theta} \, d\theta + Y_{B1}$$

$$= BM \operatorname{tg}^3 \theta_1 \left[ \frac{\cot^2 \theta}{2} \right]_{\theta_1}^{\theta} + BM \operatorname{tg} \theta_1$$

$$Y_B = \frac{BM \operatorname{tg}^3 \theta_1}{2} (\cot^2 \theta_1 - \cot^2 \theta) + BM \operatorname{tg} \theta_1$$

$$Y_B = \frac{BM}{2} (\operatorname{tg} \theta_1 - \operatorname{tg}^3 \theta_1 \cot^2 \theta) + BM \operatorname{tg} \theta_1$$

$$Y_B = \frac{BM}{2} 3 [\operatorname{Tg} \theta_1 - \operatorname{Tg}^3 \theta_1 \operatorname{CoT}^2 \theta] \dots \dots (9)$$

$$Z_B = \int_{\theta_1}^{\theta} \overline{B\theta M\theta} \operatorname{sen} \theta \, d\theta$$

$$= \int_{\theta_1}^{\theta} \frac{BM \operatorname{tg}^3 \theta_1}{\operatorname{sen}^3 \theta} \operatorname{sen} \theta \, d\theta + Z_{B_1}$$

$$= BM \operatorname{tg}^3 \theta_1 \int_{\theta_1}^{\theta} \frac{1}{\operatorname{sen}^2 \theta} \, d\theta + \frac{BM}{2} \operatorname{tg}^2 \theta_1$$

$$Z_B = BM \operatorname{tg}^3 \theta_1 \left[ -\cot \theta \right]_{\theta_1}^{\theta} + \frac{BM}{2} \operatorname{tg}^2 \theta_1$$

$$= BM \operatorname{tg}^3 \theta_1 \left[ \cot \theta_1 - \cot \theta \right] + \frac{BM}{2} \operatorname{tg}^2 \theta_1$$

$$Z_B = BM \operatorname{tg}^2 \theta_1 - BM \operatorname{tg}^3 \theta_1 \cot \theta + \frac{BM}{2} \operatorname{tg}^2 \theta_1$$

$$Z_B = \frac{BM}{2} \left[ 3 \operatorname{tg}^2 \theta_1 - 2 \operatorname{tg}^3 \theta_1 \cot \theta \right] \dots \dots \dots (10)$$

(9) y (10) en (8)

$$h = \frac{BM}{2} \left[ 3 \operatorname{tg} \theta_1 - \operatorname{tg}^3 \theta_1 \cot^2 \theta \right] \cos \theta + \frac{BM}{2} \left[ 3 \operatorname{tg}^2 \theta_1 - 2 \operatorname{tg}^3 \theta_1 \cot \theta \right] \operatorname{sen} \theta - BG \operatorname{sen} \theta.$$

$$h = \frac{BM}{2} \left[ \operatorname{tg} \theta_1 (3 - \operatorname{tg}^2 \theta_1 \cot^2 \theta) \cos \theta + \operatorname{tg}^2 \theta_1 (3 - 2 \operatorname{tg} \theta_1 \cot \theta) \operatorname{sen} \theta \right] - BG \operatorname{sen} \theta \dots \dots \dots (11)$$

Trazado de Curvas de Brazos Adrizantes

La ecuación N<sup>o</sup> (7) es válida para ángulos de escora que van de 0<sup>o</sup> a  $\theta_1$ .

La ecuación N<sup>o</sup> (11) es válida para ángulos de escora  $\geq \theta_1$ .

Con estas dos funciones (7, 11) trazamos la curva de Brazos adrizantes y que deberá cumplir con las normas del criterio de RAHOLA.

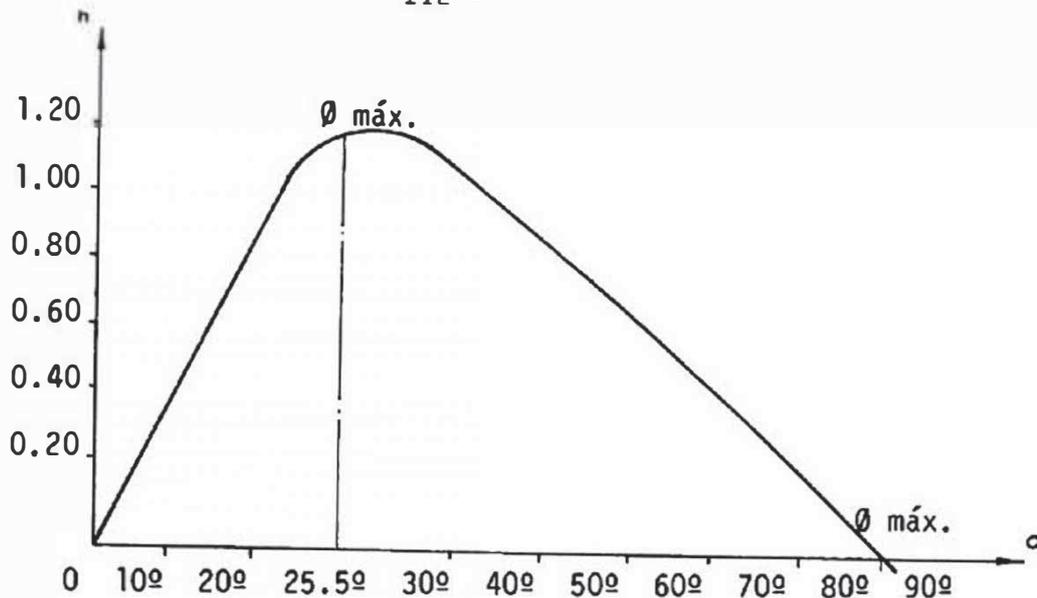
$$(7) h = (3.44 \frac{4.32}{2} \text{tg}^2 \theta) \text{sen } \theta \quad \text{para } 0^\circ \leq \theta \leq \theta_1$$

$$\theta_1 = 15.524^\circ$$

$$(11) h = \frac{4.32}{2} \left[ \text{tg} (15.529^\circ) (3 - \text{tg}^2 (15.524) \cot^2 \theta) \cos \theta + \text{tg}^2 15.524 (3 - 2 \text{tg} 15.524 \cot \theta) \text{sen } \theta \right] - 0.873$$

$$\theta_1 \leq \theta < 90^\circ$$

$\theta^\circ$	h (m)
0	0
5	0.3013
7	0.4232
10	0.6090
15.524	0.9653
20	1.1485
25	1.1968
27	1.1931
30	1.1719
40	1.0178
50	0.7908
60	0.5229
70	0.2411
75	0.0103
77.5	0.0048
80	- 0.07
90	- 0.3733



$$\theta h \text{ máx.} = 25.5^\circ$$

$$Q \text{ máx.} = 77.6^\circ \text{ (se llama alcance de estabilidad)}$$

Como se aprecia en el gráfico, la curva de Brazos Adrizantes - cumple con las Normas del criterio de RAHOLA:

- El máximo valor del Brazo Adrizante "h" es de 1.19682 m. para ángulo de escora  $\theta h \text{ máx.} = 25.5^\circ$   $\theta h \text{ máx.} > 25^\circ$ .
- El ángulo  $\theta \text{ máx.}$  se llama alcance de estabilidad  $\approx 77.6^\circ$ , a partir de este valor los valores de "h" se convierten en valores negativos, es decir son brazos escorantes;  $\theta \text{ máx.} > 60^\circ$  por tanto se tiene buen alcance de estabilidad, cumpliendo - así con los criterios de estabilidad; solamente resta analizar los momentos escorantes y momentos adrizantes en diagramas superpuestos.

#### Cálculo del Momento Adrizante (MA)

El momento adrizante está dado por :  $MA = A.h$

Además se sabe que el peso de la barcaza A es constante, por tanto los momentos adrizantes pueden obtenerse cambiando la escala de la curva de brazos adrizantes.

Tengo que trazar la curva de Momentos Adrizantes y Escorantes en función de la escora.

### Cálculo del Momento Escorante (ME)

El momento escorante en general es originado por la acción del viento, acción del timón, por acción de pesos y su superposición; para el caso de la Barcaza se puede dar por acción de pesos y por acción del viento.

El momento escorante más representativo es el originado por acción del viento y está dado por la expresión.

$$ME = PAZ \cos^2 \theta$$

donde :

P : presión por unidad de superficie =  $0.0195 V^2$

V : Velocidad del viento en nudos

V = 95 KM/HR según C.N.E. (Pucallpa está incluida en zona III)

52.777 millas/hora

P = en  $Kg/m^2$ .

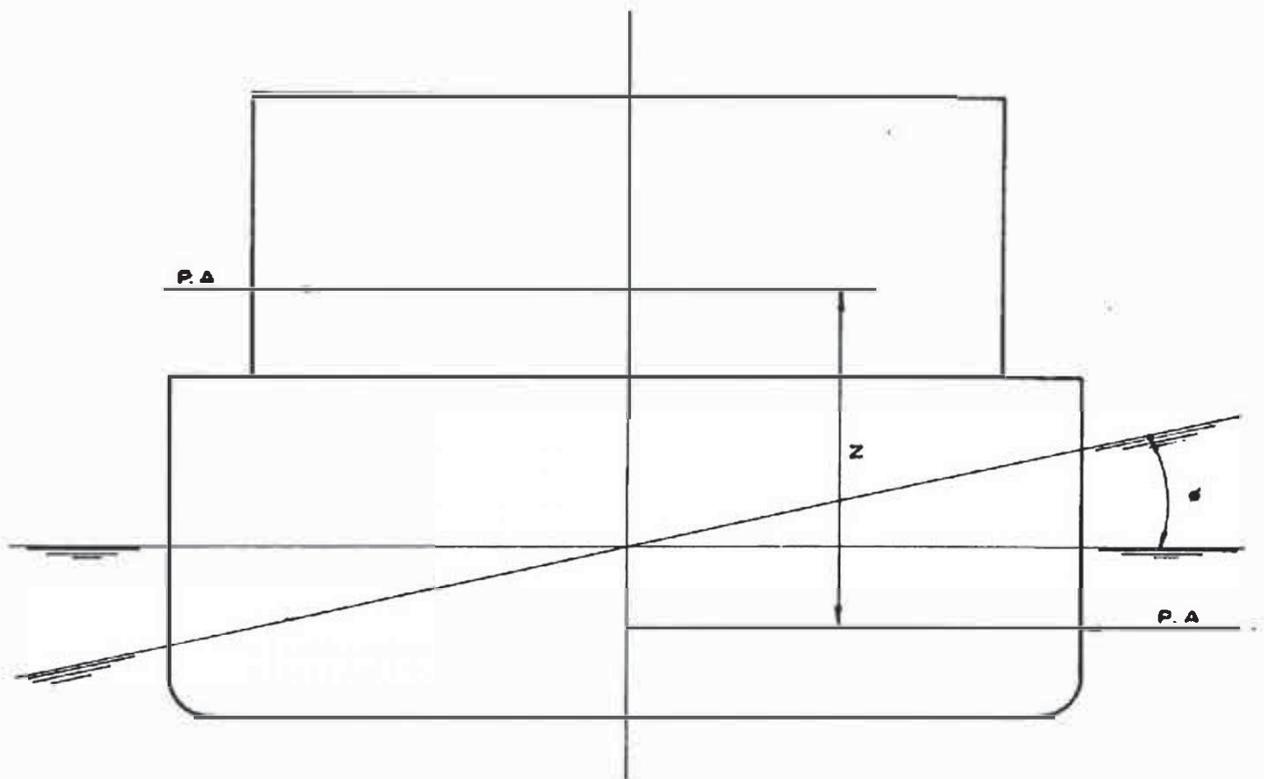
A : Area de la superficie expuesta al viento.

Z : Distancia existente entre 2 puntos de aplicación: de la fuerza de acción del viento en el área de la superficie (A) y de la reacción a la mitad de la altura sumergida (H/2)

$\emptyset$  : Angulo de escora

$$ME = 0.0195 (52.777)^2 \times 94.256 \times 4.0 \cos^2 \emptyset$$

$$ME = 20,478.26 \cos^2 \emptyset \text{ Kg-m}$$



$\emptyset$	$0^\circ$	$5^\circ$	$20^\circ$	$30^\circ$	$40^\circ$
ME	20,478.26	20,322.70	18,082.76	15,358.70	12,017.14
	$50^\circ$	$60^\circ$	$70^\circ$	$80^\circ$	
	8,461.12	5,119.57	2,395.5	617.5	

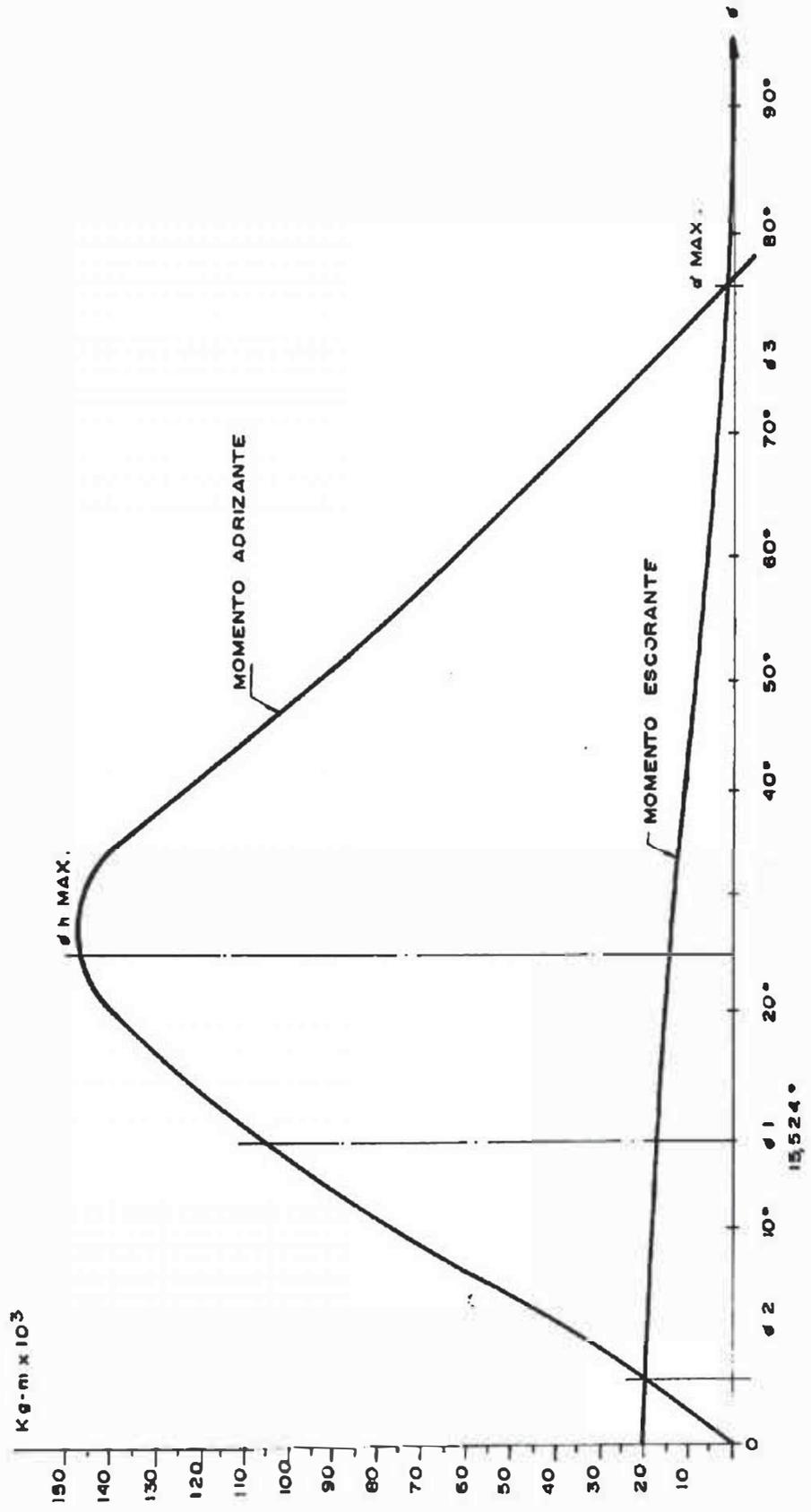


GRAFICO N° 4.2.6.4 - OMENTOS ADRIZANTES (MA) Y ESCORANTE (ME)

En el gráfico N<sup>o</sup> 4.2.6.4 se observa que del origen hasta el valor  $\theta_2 \approx 3^\circ$  el momento escorante es mayor que el adrizante, - pero es un rango muy pequeño, además para esta inclinación correspondiente a la intersección de curvas hay equilibrio estático entre el momento escorante y adrizante, si la interferencia cesa en esta región hay equilibrio estable puesto que a ambos - lados el par resultante trataría siempre de llevar la Barcaza a esa inclinación.

Si la Barcaza se encontrase en la posición  $\theta_3$  correspondiente - al segundo punto de intersección de momentos, hay equilibrio - pero será inestable y para una inclinación infinitamente pequeña, pero superior a dicho valor la Barcaza se voltearía.

Por tanto hasta para escoras  $\theta_3$  ( $76^\circ$ ) la Barcaza no se volteará que es un rango aceptable, ya que según normas el Alcance de Estabilidad debe darse para valores mayores a  $60^\circ$ , por lo que la Barcaza Flotante queda con las dimensiones establecidas, como - medidas finales.

#### 4.2.7 CALCULO DE LA RESISTENCIA ESTRUCTURAL

El estudio más importante de la resistencia estructural de la - Barcaza y de los buques en general, es sin duda el conocimiento de las cargas que producen el momento flector longitudinal y de la resistencia que la Barcaza ofrece a estos esfuerzos.

Es un estudio obligado en todo tipo de buque al que se quiera de terminar las características de aprovechamiento del material empleado.

Para el estudio de la resistencia estructural se considera a la Barcaza como una viga cajón o un paralelepípedo recto rectángulas<sup>r</sup> sometido a los campos de fuerzas siguientes:

- a) Campo Gravitatorio : cuyos vectores fuerza están definidos - por los pesos de estructura, equipos de bombeo, tableros, te cles, accesorios, cargas etc., cuyo sentido está en la direc ción de la gravedad.
- b) Campo antigravitatorio: cuyos vectores fuerza están definidos por las fuerzas de empuje que actuan hacia arriba, es de cir en dirección opuesta a la gravedad.

Si bien las fuerzas del peso y empuje se equilibran entre ellas en todo el buque, no existe equilibrio de punto a pun to.

Estos dos campos de fuerzas originan los esfuerzos longitudini nales de flexión : normales y tangenciales.

Para calcular estos esfuerzos tengo que hacer

- Distribuir las cargas por metro a lo largo del eje "x" --

(eslora) en Kg/m.

- Determinar las fuerzas resultantes a lo largo de la eslora:  
 $q_r(x)$ .
- Hacer el diagrama de fuerzas cortantes :  $V_z(x)$ .
- Hacer el diagrama de momentos flectores.  $M_y(x)$

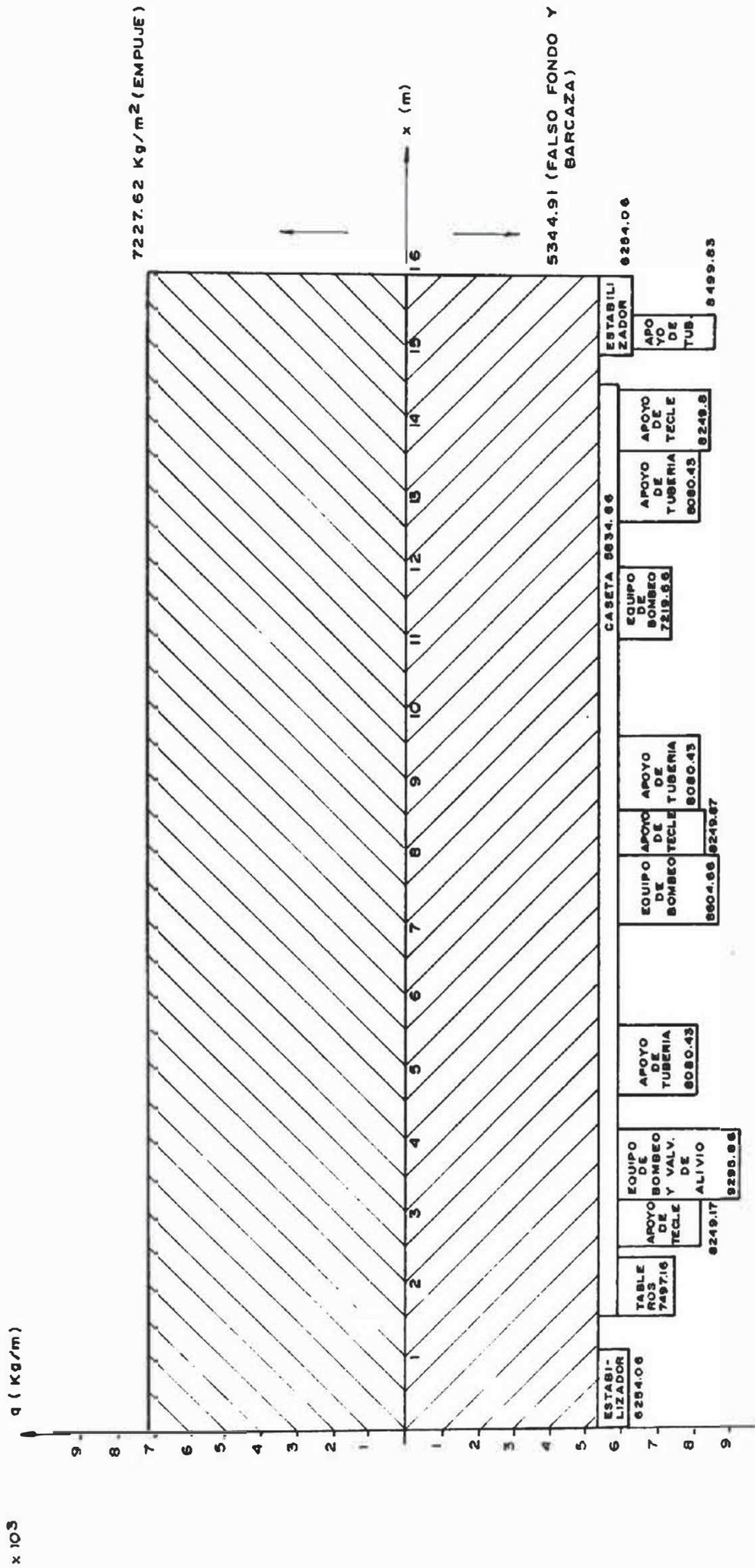
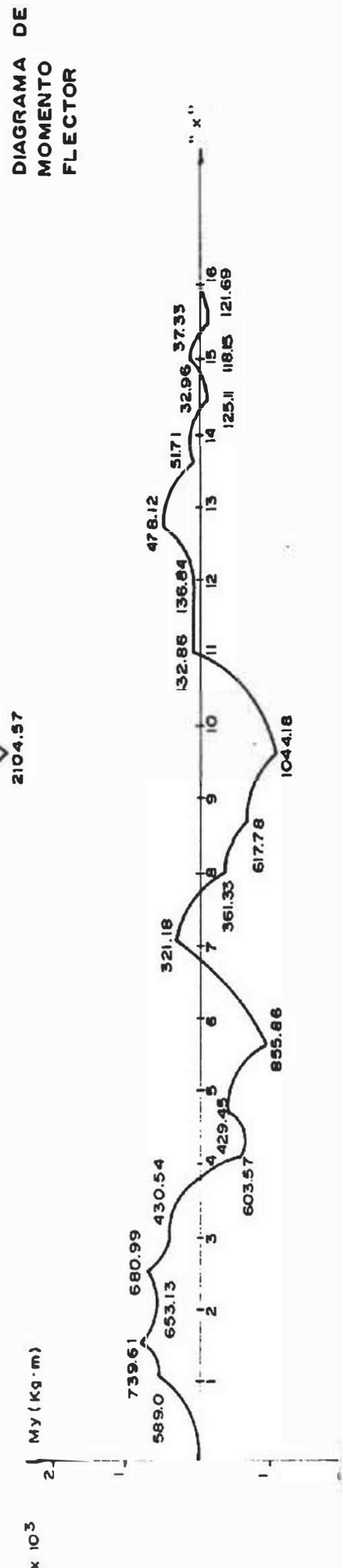
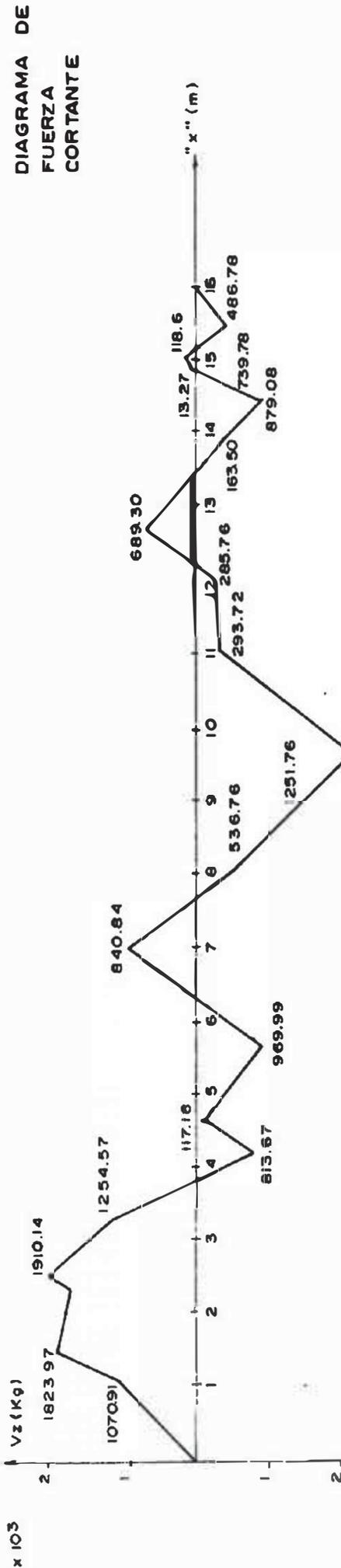
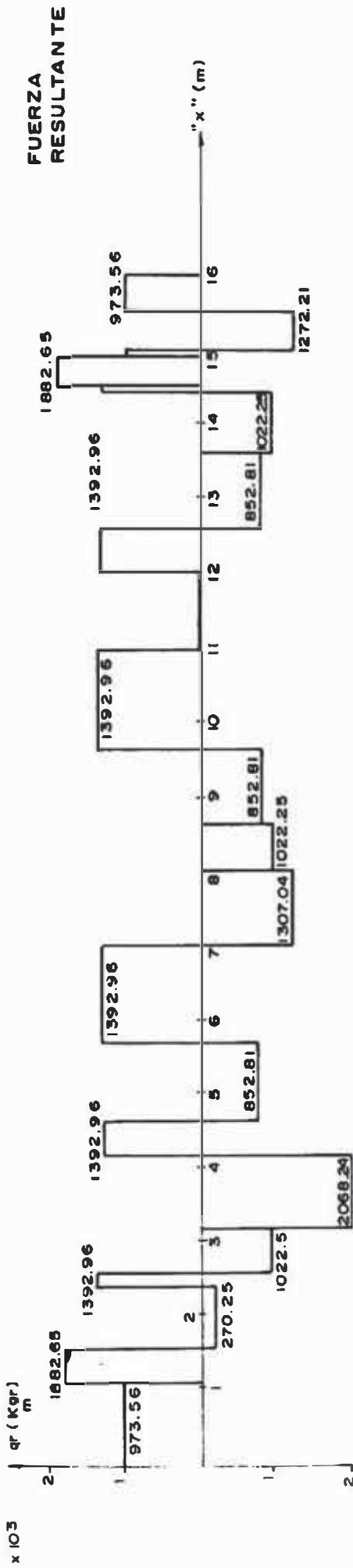
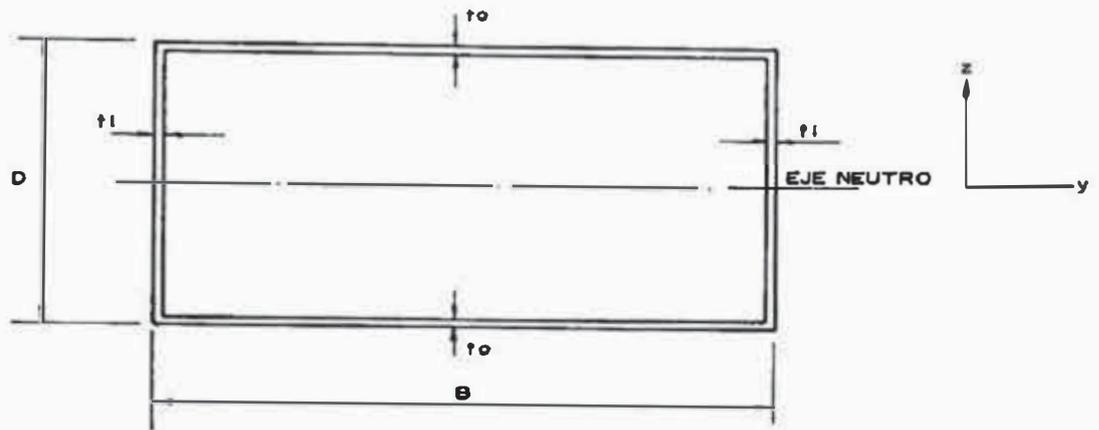


GRAFICO N° 4.2.7 A DISTRIBUCION DE CARGAS POR METRO



#### 4.2.7.1 CALCULO DE ESFUERZO LONGITUDINAL NORMAL (Tx)



$$T_x = \frac{M_y \text{ máx.}}{Z}$$

Z : Momento resistente que se opone a los momentos flectores en cada sección.

$$Z = \frac{I_y}{D/2}$$

$$T_x = \frac{M_y \text{ máx.}}{I_y} \cdot \frac{D}{2}$$

donde :

$M_y \text{ máx.}$  : momento flector máximo en la sección transversal.

$I_y$  : momento de inercia respecto al eje "Y".

$D/2$  : distancia de la fibra más alejadas del eje neutro.

$M_y$  máx: su valor se determina del diagrama de momentos flectores , y es igual a : 1044.18 Kg-m.

$$I_y = 2 \left( t_o \times B \times \frac{D^2}{4} \right) + 2(t_1 D^3 / 12)$$

$$I_y = \left( 0.00635 \times 7.2 \times \frac{2^2}{4} \right) + 2 \left( 0.00635 \times \frac{2^3}{12} \right)$$

$$I_y = 0.0999 \text{ m}^4.$$

$$t_o = t_1 = 1/4" = 0.00635 \text{ m.}$$

$$B = 7.2 \text{ m.}$$

$$D = 2 \text{ m.}$$

$$\text{luego: } T_x = \frac{1044.18 \text{ Kg-m}}{0.0999 \text{ m}^4} \times \frac{2 \text{ m}}{2}$$

$$= 10,452.25 \text{ Kg/m}^2.$$

$$T_x = 1.0452 \text{ Kg/cm}^2$$

#### 4.2.7.2 CALCULO DEL ESFUERZO TANGENCIAL : $T$ (s)

$$T_s = \frac{V_z \text{ máx. } S_y (s)}{I_y \cdot t(s)}$$

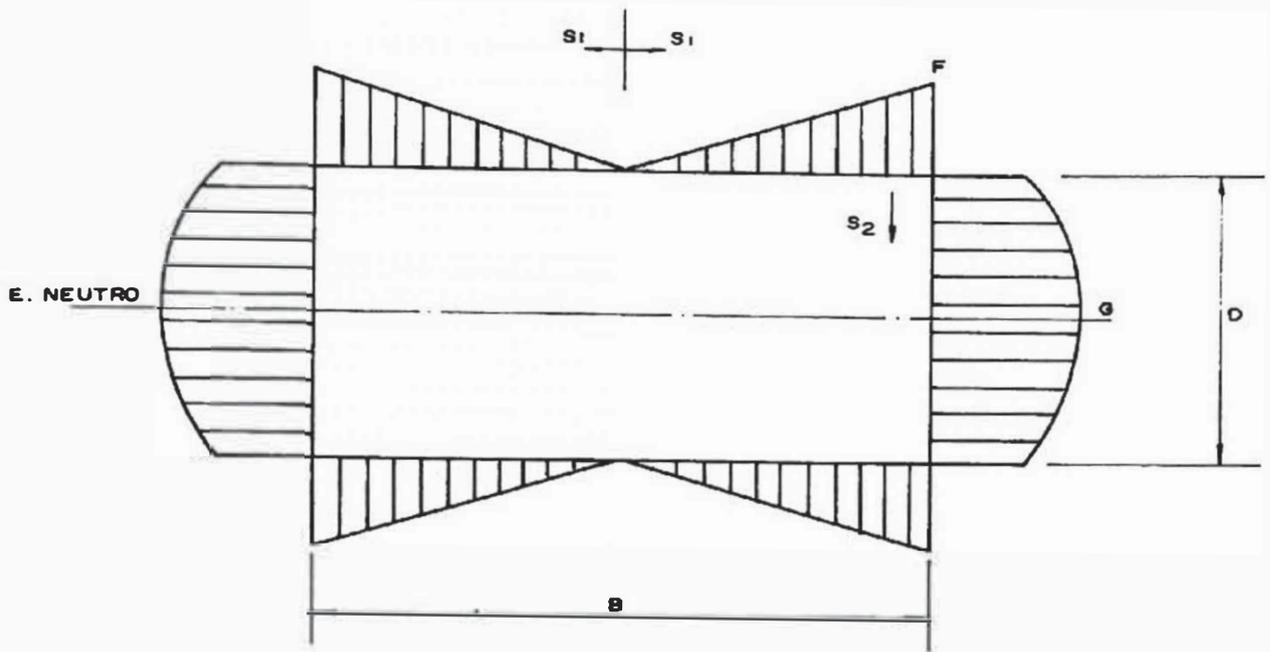
donde :

$V_z$  máx : fuerza cortante máxima

$S_y(s)$  : momento estático del área separada respecto al eje neutro.

$I_y$  : Momento de inercia respecto al eje "Y".

$t$  (s) : espesor.



$$S_y = \int x \cdot dA = \int z(s) \cdot t(s) ds$$

$$\text{en F : } S_y = \frac{D}{2} \cdot \text{to. } B/2$$

$$\text{en G : } S_y = \frac{D}{2} \cdot \text{to. } \frac{B}{2} + \int_0^{D/2} (D/2 - s_2) t_1 ds_2.$$

$$S_y = \frac{D}{2} \cdot \text{to. } \frac{B}{2} + \left( \frac{D}{2} \cdot s_2 - s_2^2 \right) t_1 \Bigg|_0^{D/2}$$

$$S_y = \frac{D}{2} \cdot \text{to. } \frac{B}{2} + \left( \frac{D^2}{4} - \frac{D^2}{8} \right) t_1$$

$$S_y = \frac{D}{2} \cdot \text{to. } B/2 + \frac{D^2}{8} t_1$$

$$S_y = \frac{2}{2} \times 0.00635 \times \frac{7.2}{2} + \frac{2^2}{8} \times 0.00635 = 0.026035 \text{ m}^3.$$

Vz máx.: su valor se determina del diagrama de fuerzas cortantes:

2104.5 Kg.

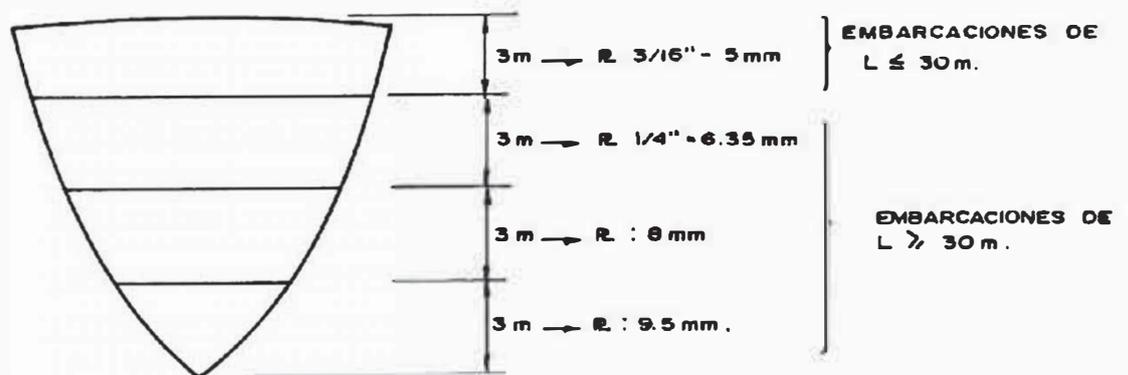
$$T_s = \frac{2104.5 \text{ Kg} \times 0.026035 \text{ m}^3}{0.0999 \text{ m}^3 \times 0.00635 \text{ m}} = 86,370.87 \text{ Kg/m}^2.$$

$$T_s = 8.6 \text{ Kg/cm}^2.$$

El material a usar es el acero estructural del tipo A-36 con un esfuerzo de 36,000 lbs/pulg.2, consistente en planchas de 1/4", 1/8" y ángulos de diferentes dimensiones.

Los esfuerzos actuantes son mucho menores que los esfuerzos de los materiales usados.

El espesor de planchas de acero estructural usado en cubierta, fondo y forros de embarcaciones, según recomendaciones del SIMA y cátedras de la UNI es función de la eslora, puntal y es el siguiente :



Para el caso de la Barcaza Flotante con eslora "L" = 16 m. y puntal "D" = 2 m. por recomendaciones; se debió utilizar planchas de 3/16" (5 mm.), pero por razones de seguridad y poca experiencia del personal de SENAPA en realizar mantenimiento de Barcaza; se ha utilizado planchas de 1/4" de espesor.

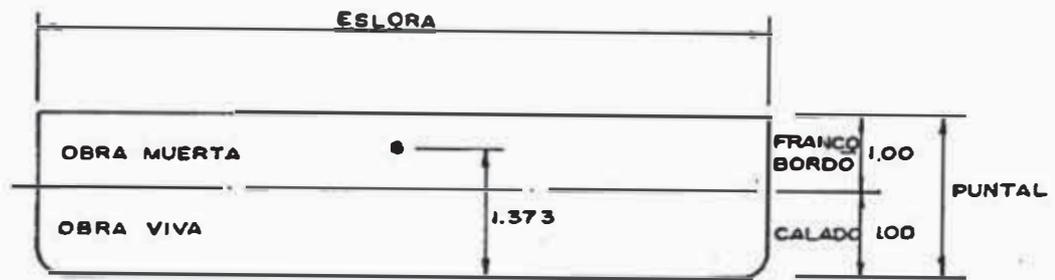
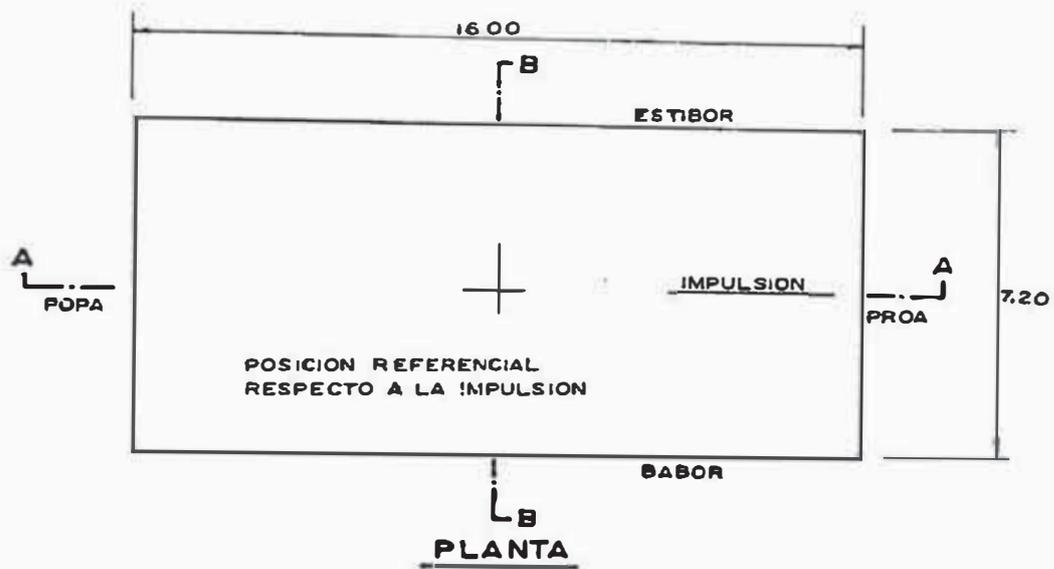
#### 4.2.8 DISEÑO FINAL

De acuerdo a los cálculos anteriores, las dimensiones finales de la Barcaza Flotante son :

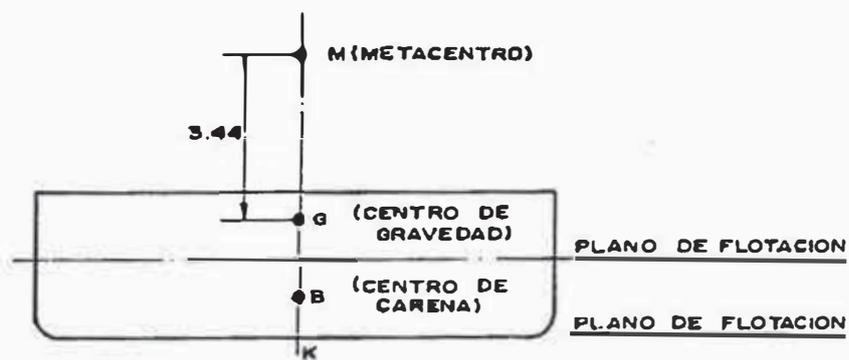
Eslora (L)	16 m.
Manga (B)	7.2 m.
Puntal (D)	2.00 m.
Alt. del falso fondo	0.50 m.
Calado (H)	1.00 m.
Francobordo (D-H)	1.00 m.
Centro de gravedad. ( $\bar{X}$ , $\bar{Y}$ , $\bar{Z}$ )	7.736 m., 0.025 m., - 0.627 m (según gráfico de punto 4.2.5)
Radio Metacéntrico $\overline{BM}$	: 4.32 m.
Alt. Metacéntrica ( $\overline{GM}$ )	: 3.44 m

Asimismo, para la cubierta, fondo y forros se usará plancha de acero estructural de 1/4" de espesor A-36.

# CARACTERISTICAS FINALES



**SECC. A - A**  
CRUJIA



**SECC. B - B**

#### 4.2.9 SISTEMAS AUXILIARES PARA ANCLAJE

En la selva peruana los rios tienen pendientes mínimas, por lo que los elementos de anclaje anulan los movimientos de la Barcaza Flotante; usando para ello un anclaje fijo a la orilla consistente en un cable de acero de 3/8"  $\emptyset$  y 4 estabilizadores de Barcaza compuestos de 1 motoreductor de 2.4 HP, con su respectivo tambor para enrollar el cable que sujeta la ancla que es un dado de concreto de 0.5 x 0.5 x 0.4 m.

Los estabilizadores estarán ubicados en los extremos de la Barcaza, según se muestra en el plano EM-02 y cuya estructura es hecha con tubo de acero de  $\emptyset$  3".

#### 4.2.10 PROTECCION CONTRA CORROSION

Para tal efecto se utilizará pintura naval que debe tener perfecta unión a la superficie a pintar, elasticidad y tenacidad, la pintura de la obra viva debe ser capaz de proteger el casco contra corrosión, el mismo tiempo que contra incrustaciones de microorganismos.

Su secado debe ser rápido, no superior a las 24 horas y deben ser capaces de ser aplicado sobre una pintura anticorrosiva convencional.

Las pinturas a emplear en la obra muerta deben soportar erosiones del agua, no descomponerse con los agentes atmosféricos en especial por acción del sol y su capa debe de soportar variaciones de temperatura entre - 40°C y + 50°C sin agrietarse.

Deben soportarse lavados frecuentes, incluso con detergentes. No deben ser inflamables o al menos tanto como sea posible, por último el tiempo de secado deberá estar comprendido entre 18 y 24 horas.

Se debe arenar la superficie y aplicar pintura anticorrosiva para posteriormente pintar con la respectiva pintura naval del tipo epoxi, esta se debe aplicar con el sistema Spray.

#### 4.3 DISEÑO DE LA SUB-ESTACION DE TRANSFORMACION

##### 4.3.1 ESTIMACION DE LA MAXIMA DEMANDA DE ENERGIA

<u>Potencia Instalada</u>		fd
- 5 electrobombas 162.5 lps y 34 m. ADT .....	5 x 125 = 625 HP	0.8
- Máquina de soldar .....	1 x 15 = 15 HP.	1.0
- Tecles .....	2 x 4 = 8 HP.	1.0
- 4 Equipos de anclaje	4 x 2.4 = 9.6 HP.	0.5
- Iluminación.....	3000 w = 4.0 HP.	1.0
	<hr/>	
	Pot. Inst. 661.6 HP.	

### Máxima Demanda

- Electrobombas	625 x 0.8 =	500	HP
- Máquina de soldar	15 x 1.0 =	15	HP
- Tecles	8 x 1.0 =	8	HP
- Equipos de anclaje	9.6 x 0.5 =	4.8	HP
- Iluminación	4.0 x 1 =	4.0	HP
		<hr/>	
		531.8	HP x 0.746 =
		=	396.72 KW

considero  $\cos \varnothing = 0.86$

$$N = \frac{396.72}{0.86} = 461.30 \text{ KVA.}$$

La máxima demanda es : 396.72 Kw. o 461.30 KVA

### 4.3.2 CABLE DE ALIMENTACION

Para la selección de un cable de energía en alta tensión se toma en cuenta los siguientes factores:

#### a) Capacidad de Corriente

$$I \text{ diseño} = \frac{1.25 N}{\sqrt{3} V \cos \varnothing}$$

$$I \text{ diseño} = \frac{1.25 \times 461,300}{\sqrt{3} \times 10,000 \times 0.86} = 38.7 \text{ A.}$$

### Factores de corrección

1. Por temperatura del terreno, según C.N.E. tabla 2 XXXI para una temperatura del suelo de 30°C  $K_1 = 0.91$

2. Por resistencia térmica del terreno, la composición del suelo donde está ubicada la captación es arcilla y humus (tierra de cultivo) de fácil compactación, semihúmedo; según tabla 2 - XXXIII y XXXII  $K_2 = 1.07$  (resistencia térmica del terreno =  $80^\circ \text{C cm/W}$ ) (Según C.N.E.)

Luego el K equivalente =  $K_1 \cdot K_2 = 0.91 \times 1.07 = 0.9737$  por tanto :

$$I = \frac{38.7}{0.9738} = 39.74 \text{ A}$$

Por capacidad de corriente se escoge cable tipo NKY, 10 KV calibre 3 x 16 mm<sup>2</sup>

#### b) Corriente de Corto Circuito

En redes con tensiones de 3 a 15 KV, este factor es decisivo para la determinación de la sección.

Debe comprobarse que al presentarse un posible corto circuito entre fases la intensidad de esta corriente de corto circuito pueda ser soportada por el conductor durante el tiempo establecido en los dispositivos de protección instalados. Puede darse el caso de que la sección elegida por intensidad admisible de corriente a transportar permanentemente según las condiciones de instalación, no baste o no sea suficiente para soportar la intensidad de corto circuito dadas las características de la red y del interruptor de protección.

Para determinar el orden de magnitud de la corriente de corto

circuito térmicamente admisible en el conductor de cobre se de termina por el gráfico dado por el fabricante del cable (INDECO) en el que se muestra las corrientes máximas a que se pueden sujetar diversos calibres de conductores.

El valor de la corriente de corto circuito que se calcula que va a presentarse en la instalación no debe ser superior a los valores admisibles determinados con el gráfico del fabricante antes mencionado, puesto que daría lugar en caso de falla a altas temperaturas finales que malograrían el cable.

El tiempo de duración del corto circuito es el tiempo ajustado en la protección teniendo en cuenta el tiempo propio del interruptor y de los dispositivos de protección.

La corriente de corto circuito que se presentará en el lado de alta tensión está dado por:

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

donde :

$I_{cc}$  = Corriente de corto circuito en amperios.

$N_{cc}$  = potencia de corto circuito proporcionada por el concesionario de energía y es igual a 125 MVA.

$V_n$  = tensión de servicio (10 Kv)

$$I_{cc} = \frac{125 \times 10^6}{\sqrt{3} \times 10^4} = 7.22 \text{ KA}$$

Según normas VDE100 para un corto circuito rápido  $t = 0.2$  segun

dos; con este tiempo debe seleccionar el cable de sección apropiada con un valor medio eficaz de corriente de corto circuito mayor al que se presenta en la instalación; por tanto el cable a usar será el de 35 mm<sup>2</sup>., con un valor medio eficaz de corriente de corto circuito de 9 KA > 7.22 KA.

Por tanto se usará cable tipo NKY, 10 KV calibre 3 x 35 mm<sup>2</sup>.

#### 4.3.3 CABEZAS TERMINALES

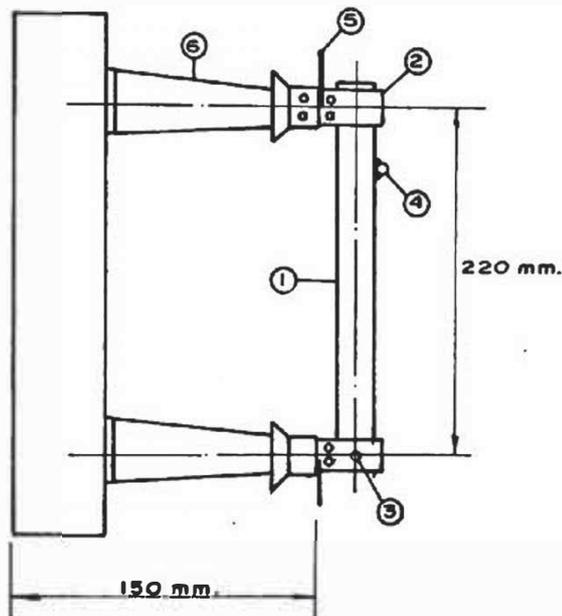
Las cabezas terminales o botellas terminales serán las adecuadas para cables 3 x 35 mm<sup>2</sup>. una para instalación interior y la otra para instalación exterior.

#### 4.3.4 SECCIONADOR

Los seccionadores tienen por misión separar una parte de la instalación pero sin carga, y están constituidos por una barra o cuchillo metálico de cobre y cuyas dimensiones depende de las características del circuito, siendo la longitud de la barra proporcional a la tensión de servicio; girará en un muelle de contacto fijo en su aislador. Al cerrar el seccionador de barra se introduce en otro muelle de contacto, fijo también en otro aislador.

La maniobra se efectúa a mano mediante pértigas y en instalaciones sofisticadas a distancia mediante telemando eléctrico o neumático.

Los elementos que constituyen un seccionador, así como las dimensiones características se detalla en el gráfico.



- |                                  |                                      |
|----------------------------------|--------------------------------------|
| 1. Cuchilla                      | 4. Agujero para Pértiga de maniobra. |
| 2. Muelle de contacto fijo       | 5. Bornes de conexión                |
| 3. Eje de rotación del cuchillo. | 6. Aislador                          |

#### 4.3.5 SECCIONADOR DE POTENCIA

Son aparatos o dispositivos adecuados para abrir un circuito bajo carga normal y en caso de corto circuito.

Constituyen la parte más delicada porque están expuestos a solici

taciones extremas que al mismo tiempo pueden ser mecánicas, eléctricas o térmicas.

Una de las cualidades esenciales de los seccionadores de potencia es la rapidez de su maniobra, deben interrumpir el circuito en centésimas de segundo.

En efecto, debe tenerse en cuenta que a la apertura se forma entre contactos un arco de temperatura elevadísima de 2,000 a 3,000°C que fundiría instantáneamente la superficie metálica de las extremidades de dichos contactos, si la apertura o interrupción no se efectuara con rapidez.

Para la selección del seccionador de potencia se debe conocer:

- Corriente nominal  $I_n = 39.74 \text{ A}$ .
- Corriente de corto circuito  $I_{cc} = 7.22 \text{ KA}$
- Tensión de la Red = 10 Kv.

El seccionador a usar será de 12 Kv, 400 A 20 KA de capacidad de corto circuito, con fusibles de 100 A.

Para seleccionar los fusibles se tiene en cuenta la corriente nominal  $I_n = 39.74 \text{ A}$  y la impedancia del transformador, según fabricante DELCROSA es 4.5 % y de acuerdo a catálogos se usarán fusibles con capacidad 100 A., 12 KV.

#### 4.3.6 BARRAS DE ALTA TENSION

La energía que sale de un generador debe llegar a las barras principales de alta tensión, que para potencias hasta 20-30 KVA con - viene muchas veces realizar estas conexiones con cables, para potencias mayores por razones técnicas y económicas se utiliza barras de cobre y para el caso serán de sección rectangular de 50 x 5 mm. con capacidad  $I_n = 630$  A y una separación entre apoyos de 1.5 m.

Las barras de alta tensión y de acuerdo a dimensiones, deberá cumplir con los siguientes criterios en caso de corto circuito:

- Esfuerzos electrodinámicos por Unidad de longitud.
- Resonancia
- Esfuerzo térmico.

##### a) Esfuerzo Electrodinámico por Unidad de Longitud

Para barras colectoras es necesario hacer el control de este - efecto con la ayuda de la siguiente fórmula :

$$F = \frac{2.04 \times L \times I_{CH}^2}{10^8 D}$$

donde :

- F : fuerza de atracción o repulsión en Kg.
- D : distancia entre barras (fases ) en cm.
- L : distancia entre 2 soportes (aisladores) en cm.

$I_{CH}$  : corriente de choque en A.

$$I_{CH} : 1.8 \sqrt{2} \times I_{cc} = 1.8 \times \sqrt{2} \times 7.22 = 18.38 \text{ KA.}$$

$$D : 10 \text{ cm} + 1 \text{ cm/KV} = 10 + 10 = 20 \text{ cm.}$$

luego :

$$F = \frac{2.04 \times 150 \times 18.380^2}{10^8 \times 20} = 51.68 \text{ Kg (por 1. 5m).}$$

$$\text{o sea } P = 34.46 \text{ Kg/m.}$$

La fuerza calculada origina esfuerzos en las barras, y que se calculan por la fórmula:

$$K_o = \frac{M}{W} \text{ en Kg/cm}^2.$$

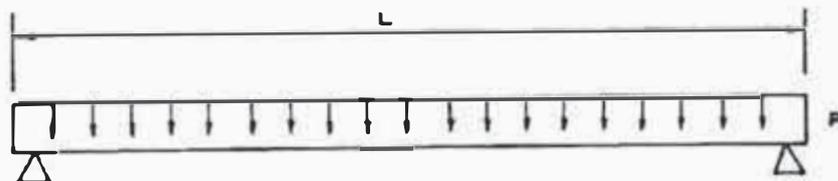
$M$  : momento de flexión

$W$  : momento resistente de la sección transversal de la barra.

donde:

$$M = \frac{PL^2}{8} \text{ (Kg-m) considerando la barra como una viga simplemente}$$

apoyada y cargada uniformemente.



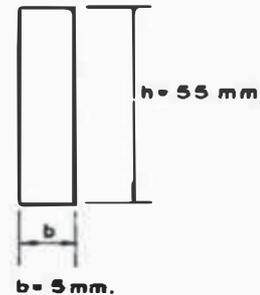
$$M = \frac{34.46 \times 1.5^2}{8} = 9.69 \text{ Kg-m}$$

$$W = \frac{1}{6} bh^2$$

$$W = \frac{1}{6} \times 0.5 \times 5^2 = 2.08 \text{ cm}^3$$

$$K_o = \frac{9.69 \text{ Kg-m}}{2.08 \text{ cm}^3} \times \frac{100 \text{ cm}}{1 \text{ m.}} =$$

$$K_o = 465.96 \text{ Kg/cm}^2.$$



Pero el esfuerzo permisible para el cobre es de: 2000 Kg/cm<sup>2</sup>., el esfuerzo permisible del cobre es > que el originado por la fuerza.

$$2000 \text{ Kg/cm}^2. \gg 465.96 \text{ Kg/cm}^2.$$

por tanto las dimensiones de las barras son correctas.

### b) Resonancia en las Barras

Ocurre este efecto cuando la frecuencia propia de las barras - es igual o muy cerca a la frecuencia eléctrica o a su doble.

En caso de resonancia se determina una sollicitación adicional en los aisladores portabarras.

Los efectos debidos a la resonancia no son controlables facilmente, resulta conveniente fijar las dimensiones relativas a las barras de modo que no haya resonancia.

La frecuencia de las barras se obtiene con la fórmula :

$$n = 112 \sqrt{\frac{E \cdot J}{\rho \cdot l^4}} \text{ (ciclos/seg.)}$$

E : módulo de elasticidad del cobre =  $1.25 \times 10^6$  Kg/cm<sup>2</sup>.

J : momento de inercia de la barra  $\frac{b^3 h}{12}$  (cm<sup>4</sup>)

$\rho$  : peso de la barra en Kg/cm<sup>2</sup>. (2.23 Kg/m)

l : distancia entre 2 barras en cm. = 20 cm.

$$J = \frac{0.5^3 \times 5}{12} = 5.208 \times 10^{-2} \text{ cm}^4.$$

luego :

$$n = 112 \sqrt{\frac{1.25 \times 10^6 \times 5.208 \times 10^{-2}}{2.23 \times 10^{-2} \times (20)^4}}$$

$$n = 478.40 \text{ ciclos/seg.}$$

Este valor es muy alejado de 50 o 60 ciclos/seg. de la frecuencia industrial o al doble de estos valores; por tanto no habrá resonancia.

### c) Esfuerzos Térmicos en las Barras

Se debe comprobar que la capacidad de corriente de corto circuito de la barra elegida, sea mayor que la corriente de corto circuito que se presenta en el sistema.

La capacidad de corriente de corto circuito de la barra está dada por la fórmula :

$$I_e = \frac{S}{t} \frac{(t_1 - t_0) C_e}{r}$$

donde :

S : sección de la barra en mm<sup>2</sup>.

t : duración del corto circuito en seg., que depende del tiempo de ajuste de los equipos de protección según normas VDE 100 t = 0.2 seg.

t<sub>1</sub> : temperatura máxima del conductor o barra en °C durante el corto circuito: 135°C.

t<sub>0</sub> : temperatura del medio, antes del corto circuito: 20°C.

r : resistencia específica en  $\frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}}$  tomada a 20°C.

C<sub>e</sub> : calor específico del cobre:  $3.5 \frac{\text{watt} \cdot \text{seg.}}{\text{cm}^3 \cdot \text{°C}}$

luego :

$$S = 5 \times 50 = 250 \text{ mm}^2$$

$$t = 0.2 \text{ seg.}$$

$$t_1 - t_0 = 135 - 20 = 115$$

$$r_{20^\circ\text{C}} = 0.01724 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}}$$

$$r_{135^\circ\text{C}} = 0.01724 \left[ 1 + 0.393 (135 - 20) \right]$$

$$r_{135^\circ\text{C}} = 0.0951 \frac{\Omega \text{ mm}^2}{\text{m}}$$

$$I_e = \frac{250}{\sqrt{0.2}} \sqrt{\frac{115 \times 3.5}{0.09515}}$$

$$I_e = 36.36 \text{ KA}$$

Es la corriente de corto circuito que puede soportar la barra elegida (5 x 50 mm) y es mucho mayor que la corriente de corto circuito del sistema, por tanto la barra elegida es adecuada.

#### 4.3.7 AISLADORES PORTA BARRAS

Se utilizan para aislamiento de las barras y de ahí su denominación de aisladores portabarras.

La fijación de las dimensiones del aislador depende de la situación que ha de tener y de los esfuerzos mecánicos a que pueden someterle los cortos circuitos.

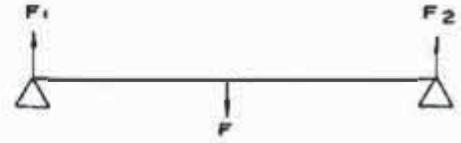
Para instalaciones interiores y menores de 80Kv, se emplean los aisladores soporte de porcelana.

Además de las solicitaciones eléctricas, los aisladores están sometidos a las variaciones bruscas de temperatura y a los esfuerzos electrodinámicos en caso de corto circuito.

El esfuerzo originado por la atracción y/o repulsión entre barras de la celda son contrarrestadas por los aisladores portabarras, por tanto deben soportar la mitad de la fuerza cada aislador.

$$F = 51.69 \text{ Kg.}$$

$$F_1 = F_2 = 25.84 \text{ Kg.}$$



La línea de fuga (L1) está dada por :

$$L_1 = \frac{m K_v}{\sqrt{\delta}}$$

donde :

m : coeficiente según el ambiente, varía desde:

m = 1 para ambiente limpio

m = 2.6 para ambiente húmedo con mucho polvo.

$\delta$  : densidad del aire : 0.953

Kv : tensión : 10.1 Kv.

como la sub estación es interior, dentro de una caseta, pero de ambiente semi húmedo; tomo m = 1.5 por tanto:

$$L_1 = \frac{1.5 \times 10.1}{0.953} = 15.36 \text{ cm.}$$

La longitud de aisladores portabarras recomendadas por catálogos y textos varía de 17.1 a 18.5 cm., dimensiones mayores que la calculada por línea de fuga y por seguridad se usarán aisladores portabarras de 18.5 cm. de longitud.

#### 4.3.8 TRANSFORMADOR

La máxima demanda para la captación de agua para la Planta de Tratamiento es de: 461.30 KVA, voltaje primario: 10Kv, secundario 460V

Según catálogos de fabricante "construcciones electromecánicas -- DELCROSA S.A." se usará transformador de potencia en baño de aceite y refrigeración por circulación natural de aire de las siguientes características

Potencia	630 KVA
Tipo	TECD 3267
Voltaje primario	10,000 V
Voltaje secundario	460 V
Frecuencia	60 Hz
Regulación	± 2.5% ± 5 %

#### 4.3.9 CELDA DE ALTA TENSION

La sub-estación de transformación tiene una celda de llegada y una celda de transformación cada una de las cuales contendrá los siguientes equipos :

##### a) Celda de Llegada

- Cabeza terminal para instalación interior (4.3.3)
- Seccionador (4.3.7)
- Seccionador de Potencia con fusibles (4.3.4)
- Sistema de Barras de alta tensión y accesorios (4.3.5)

Las dimensiones de la celda son las adecuadas para alojar los equipos descritos y respetando las distancias mínimas recomendadas por el C.N.E.

b) Celda de Transformación

- Transformador de potencia trifásico (4.3.8)
- Sistema de Barras y accesorios (4.3.5)

Para el dimensionamiento de la celda de alta tensión se tendrá en cuenta principalmente las dimensiones del transformador de potencia trifásico, que es el equipo de mayor tamaño; así como las distancias mínimas recomendadas por el C.N.E.

- Distancia entre conductores :  $10 \text{ cm.} + 1 \frac{\text{cm}}{\text{Kv}} = 20 \text{ cm.}$
- Distancia entre conductores y tierra:  $8\text{cm} + 0.6 \frac{\text{cm}}{\text{Kv}} = 14 \text{ cm.}$

- Altura de Celda

- Altura del transformador : 2.07 m.
- Distancia entre transformador y barras : 0.20 m.
- Distancia barras y celda : 0.20 m.
- Altura total de Celda 2.57 m.

- Profundidad de la Celda

- transformador de potencia 0.980 m.
- distancia entre transformador y celda  
2 x 0.20 0.40 m.  
1.38 m.

- Ancho de la Celda

- transformador de potencia	1.720 m
- ancho del seccionador	0.450 m
- distancia entre transformador y celda	0.20 m.
- distancia entre transformador y seccionador	0.20 m.
- distancia entre transformador y celda	<u>0.20 m.</u>
Ancho Total	2.77 m.

4.3.10 TABLERO DE BAJA TENSION - CONMUTACION

Como la sub-estación está ubicada en la orilla del río, y los equipos de bombeo están en la Barcaza Flotante, por tanto el tablero de baja tensión es un tablero de conmutación, el tablero genral de distribución ha sido tratado en el punto 4.1.5.1.

Este tablero de conmutación consta de 2 interruptores automáticos - termomagnéticos que efectuarán la conmutación entre el suministro - de energía de Electrocentro y la del grupo electrógeno de emergen - cia, este tablero podrá tener enclavamiento mecánico y/o eléctrico, de manera que solamente llegue energía de una de las dos fuentes. Estos interruptores trabajarán como interruptor general.

De los cálculos anteriores se tiene que los interruptores seleccionados para este caso tienen las siguientes características :

Amperaje : 800 A

Voltaje : 600 V

Fases : 3

Capacidad interruptiva: 30 KA (capacidad de corto circuito)

#### 4.3.11 VENTILACION DE LA SUB ESTACION

Como en todas las máquinas eléctricas, en los transformadores es necesario disipar el calor que se produce durante el funcionamiento.

Según "Redes Eléctricas" de ZOPETTI, para la ventilación y enfriamiento del transformador, es necesario que circule una cantidad de aire de unos 5 m<sup>3</sup>/minuto por cada Kilovatio de pérdida. Como el transformador será instalado en un ambiente cerrado, tengo que prever una corriente de aire, para evitar que el aire del ambiente se caliente demasiado, lo que puede ocurrir cuando el mismo se estanca.

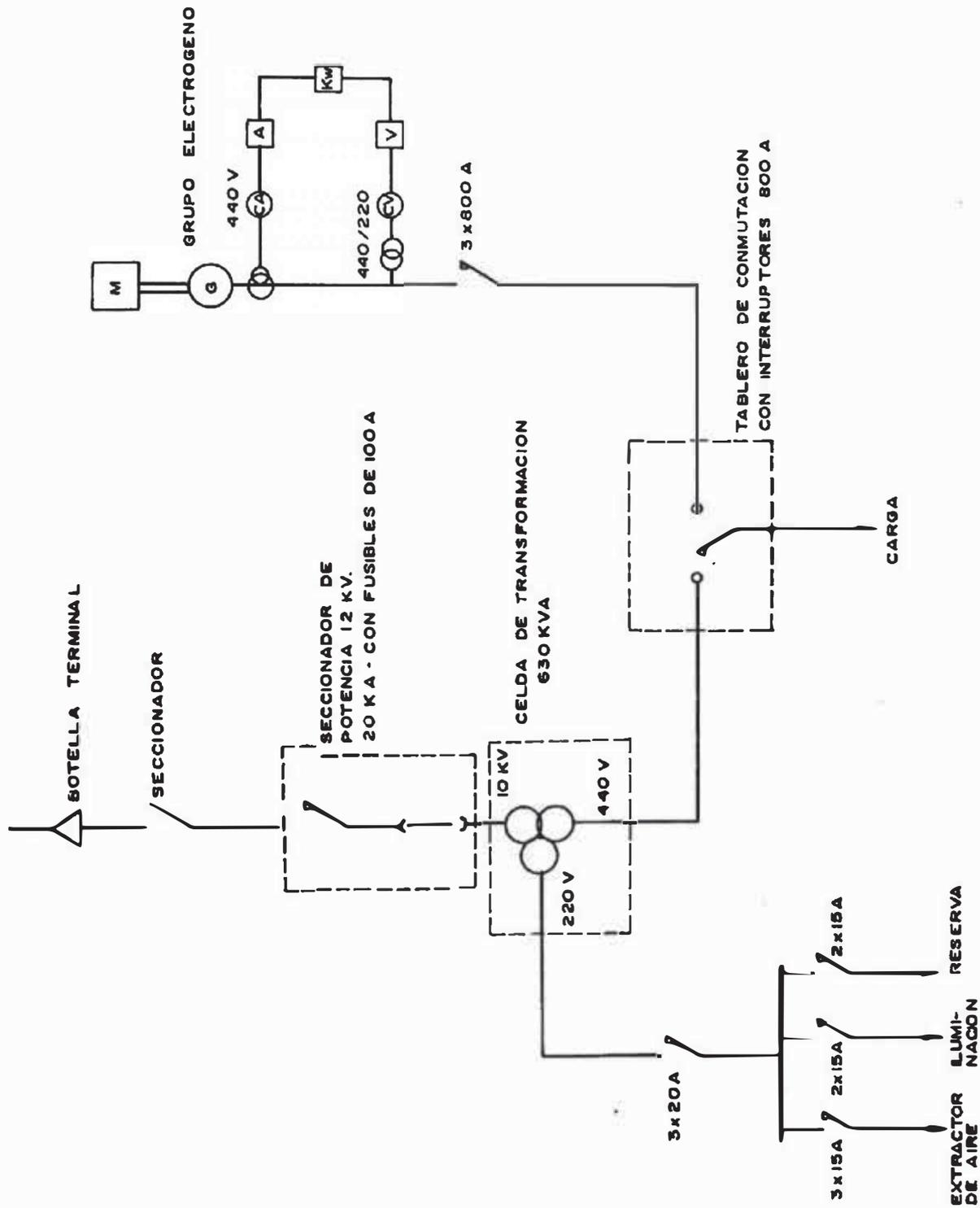
Según datos del fabricante (DELCROSA), las pérdidas totales para el transformador seleccionado son : 14.9 Kw.

Luego, la cantidad de aire que se necesita hacer circular es:

$$Q_{\text{aire}} = \frac{5 \text{ m}^3}{\text{mín. Kw}} \times 1 \times 14.9 \text{ Kw} = 14.5 \frac{\text{m}^3}{\text{mín.}}$$

$$Q_{\text{aire}} = 4470 \text{ m}^3/\text{HR}$$

Para tal fin se tiene que usar un extractor de aire de 5000 m<sup>3</sup>/HR.



**ESQUEMA ELECTRICO SUB ESTACION DE TRANSFORMACION  
GRUPO ELECTROGENO - DIAGRAMA UNIFILAR**

## CAPITULO V

### 5. CENTRAL DIESEL

El suministro de Agua Potable a la población es permanente y para asegurar la dotación de agua, se ha previsto la Central Diesel de Emergencia, que cubrirá el suministro de energía eléctrica para el funcionamiento de los equipos de bombeo de la captación; - en caso de que el suministro eléctrico por parte de Electro Centro sea cortado u ocurra alguna falla.

#### 5.1 POTENCIA DE LA CENTRAL

La máxima demanda de energía ha sido determinada en el capítulo anterior (4.3.1) y la potencia de la Central Diesel deberá satisfacer la máxima demanda puesto que se considera el funcionamiento de los mismos equipos electromecánicos; - considerando así la potencia para todo el periodo de diseño.

La máxima demanda del sistema es 396.72 Kw, que bien se puede aproximarla a 400 Kw.

#### 5.2 SELECCION DEL GRUPO ELECTROGENO

He considerado 1 grupo electrógeno con la suficiente capacidad para absorber la máxima demanda solicitada, no se ha

previsto otro grupo a pesar de ser técnicamente aceptable y - aconsejable por el Reglamento General de Construcciones; por que elevaría considerablemente los costos; además por ser central de emergencia funcionará períodos cortos de tiempo.

Para una central de emergencia, tener más de un grupo electrógeno significa mayores costos por espacio, cimentación, tablero de sincronización, etc.

En la selección del grupo electrógeno se ha involucrado los cálculos como la máxima demanda, capacidad del grupo por la potencia de arranque de los motores ha alimentar.

El beneficio en operación que se puede obtener de un grupo electrógeno depende casi exclusivamente del motor diesel, cuya perfecta operación redunda en mantener constantes los parámetros del alternador, tales como voltaje, frecuencia y res - puesta al cambio de carga, parámetros influenciados por la velocidad del motor, por lo cual la bomba de inyección debe estar perfectamente calibrada.

#### 5.2.1 BASES DE CALCULO

- Fundamentalmente los cálculos están relacionados con la má - xima demanda de la captación, involucrando en ella la variación de la potencia para todo el período de diseño.

- Teóricamente, el cálculo del grupo electrógeno lo he basado en textos, pero básicamente, teniendo en cuenta los catálogos recabados de las firmas ensambladoras y distribuidoras de grupos electrógenos en nuestro país. Enrique Ferreyros.
- A falta de normas técnicas relevantes a cerca del tema, en nuestro país se ha tenido en consideración las normas de distintos países, tales como: BS-AU 649 (1958), SAE J270, - DIN 627 De 150 3046/1.

De las normas expuestas, la más explícita es la norma Británica BS-AU-649 según la cual la potencia continua máxima que deben dar los fabricantes en sus catálogos debe ser aquella - que se obtiene a condiciones normales y con el ventilador instalado en el motor; estas condiciones normales son:

Altura sobre el nivel del mar	500 pies (150 m.)
Temperatura ambiente	85°F (29°C)
Humedad Relativa	60%

Las normas indican que para condiciones diferentes a las normales a las cuales opere un grupo, se deberá hacer las siguientes consideraciones sobre pérdidas de potencia.

Altura sobre el nivel del mar para motores de aspiración natural.	Se debe depreciar 3.5% por cada 300 m, por encima de los 150 primeros metros.
---	---

Altura sobre el nivel del mar para motores sobre alimentador.	Se debe depreciar 2.5% por cada 300 m. por encima de los 150 primeros metros.
Temperatura del Aire de aspiración	Se debe depreciar 2% por cada 10°F (5.55°C) por encima de los 85°F (30°C).
Por humedad en el ambiente	Hasta 6% máximo dependiendo de la cantidad que sobrepase del 60% de la humedad relativa del ambiente.

Para el caso específico de Pucallpa, solamente se depreciará por temperatura, ya que la temperatura máxima llega a 40°C, es decir 10°C sobre las condiciones normales, por tanto se deprecia en un 3.6%.

Luego la potencia del motor diesel será de :  $\frac{400}{0.964} = 416 \text{ kw.}$ ,

que se cumplirá con la potencia comercial de un grupo de 440kw.

#### 5.2.2 DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DEL GRUPO DE ACUERDO A LOS KVA DE ARRANQUE DE LOS MOTORES

Para la determinación del grupo electrógeno de tal forma que pueda absorber las corrientes de arranque de los motores a operar, es necesario remitirse a los fabricantes o representantes, quienes darán las recomendaciones sobre las capacidades de sus

grupos, para salvar estos efectos.

Siendo fundamental esta característica de acuerdo al tipo de cada fabricante o de acuerdo a las Normas que acaten, se tendrán diferentes formas de determinar la capacidad; así se tiene por ejemplo que ALGESA, fabricante nacional de alternadores, considera que la corriente de arranque del motor más grande a operar no sobrepase del 200% de la corriente nominal del grupo electrógeno; con una caída de tensión máxima de 25% durante el arranque. Otros fabricantes toman en cuenta el orden de arranque de los motores a operar, y así indistintamente cada fabricante de su especificación considerada.

De acuerdo a diferentes catálogos recabados de distintos distribuidores y fabricantes del medio, considero que la forma de calcular el grupo, aplicado por la firma Enrique Ferreyros es la más real y aproximada a nuestros requerimientos para absorber la corriente de arranque.

En el formato 5.2.2 se aprecia claramente el procedimiento seguido para determinar la potencia del grupo apropiado.

Según el formato expuesto se aprecia que el tipo de arranque es primordial para determinar los KVA de arranque.

FORMATO 5.2.2

APLICACION : PRIMARIA VOLTAJE 440 VOLTIOS FASES 3 FRECUENCIA:  
60 HZ.

I. CARGAS DE OPERACION

A: Alumbrado				3 Kw.
B: Otras Cargas				24.32 Kw.
C: Carta de Motores	HP	ARF		
(en orden de arranque).				
	1	125	1138 (8In)	
	2	125	1138 (8In)	
	3	125	1138 (8In)	
	4	125	1138 (8In)	
HP TOTAL		500 HP	x 0.746	373
D: Carga Total (A +B + C)				400.32 Kw.
E: Potencia del grupo electrógeno (Potencia comercial)				440 Kw.

II CARGA DE ARRANQUE

	M1	M2	M3	M4
A: Orden de arranque de los motores	125	125	125	125
B: Kilovoltios-Amperio de Arranque - (KVA-a)				
1 Amperios con rotor fijo (A.R.F) (8In)	1138	1138	1138	1138
2 Multiplicar los ARF (B.1) por el voltaje y 3 y se divide:1000 para obtener los KVA-a a través de la línea	867.2	867.2	867.2	867.2
C: KVA efectivos				
1 Potencia para servicio continuo elegido	440	440	440	440
2 Potencia de los motores en funcionamiento		125	250	375
3 Dividir la potencia de C.1 entre la potencia de C.2(Kw/HP)		3.52	1.76	1.173
4 Utilizando la respuesta C.3, ir a la figura 1				

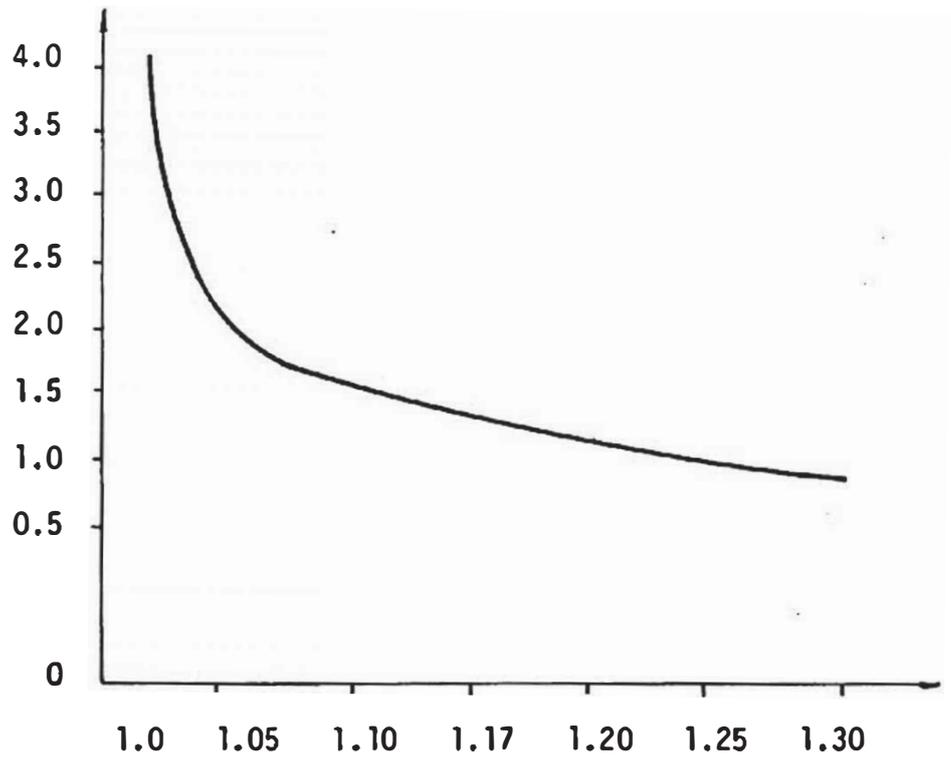
para determinar el factor que compensa los motores en la línea; el factor multiplicador del primer motor es 1	1.0	1.024	1.07	1.20
5 Multiplicar la respuesta del paso C.4 por los KVA-a paso B.2 para obtener los KVA-a efectivos de los motores que se van a arrancar.	867.2	888.0	927.9	1040.6
6 Si se utiliza un arranque de voltaje reducido multiplicar los KVA-a efectivos C-5 por el factor de la tabla 2.	Y-A	Y-A	Y-A	Y-A
	286.2	293.0	306.2	343.4
D: Se elige el grupo electrogénico apropiado, el de mayor capacidad obtenido en los pasos I.E Y C.6 que es de	440 Kw.			

TABLA Nº 2

FACTORES MULTIPLICADORES POR REDUCCION DE VOLTAJE EN EL ARRANQUE

RESISTENCIA, INDUCTANCIA O IMPEDANCIA	MULTIPLICAR LOS KVA-a POR
80%	0.80
65%	0.65
50%	0.50
45%	0.45
AUTOTRANSFORMADOR	
80%	0.68
65%	0.46
50%	0.29
	0.33
CONEXION ESTRELLA-TRIANGULO	

POTENCIA (KW) PRIMARIA DEL GRUPO ELECTROGENO DIVIDIDA ENTRE LOS  
HP DE LOS MOTORES ACOPLADOS A LA LINEA.



MULTIPLICADOR

FIG. 1

De acuerdo a lo apreciado en el formato anterior se puede - decir que la potencia necesaria comercial del grupo electrógeno será de 440 Kw.

### 5.3 CIMENTACION

La cimentación o base sirve para la instalación del grupo electrógeno y deberá cumplir los siguientes requisitos:

- Poseer solidez y estabilidad
- Evitar variaciones de posición del grupo de electrógeno
- Absorber las vibraciones originadas por el motor, evitando así la transmisión de las mismas a las construcciones civiles vecinas.

Las dimensiones de la cimentación, así como las características del concreto, fierro, etc. han sido tomadas de las bases de cimentación utilizado por el fabricante "CATERPILLAR" para este tipo de grupo de modelo 3412TA; cuyo diseño se observa en el plano EM-07.

### 5.4. TABLERO DE CONTROL

Como la capacidad del grupo electrógeno seleccionado cubre la demanda de energía para el periodo de diseño de la Barcaza - Flotante; las características del Interruptor termomagnético-

serán las mismas que las del interruptor del tablero general de la Barcaza :

Amperaje : 800 A.

Voltaje : 600 V.

Fases : 3

Capacidad Interruptiva: 30 KA (capacidad de corto circuito).

Este tablero tendrá además los instrumentos de control del grupo electrógeno tales como:

- Frecuencímetro de 57 a 63 Hz.
- Voltímetro de 0 a 600 V y conmutador voltimétrico
- Amperímetro de 0 a 800 A y conmutador amperimétrico
- Control de Temperatura de aceite
- Control de temperatura de agua
- Control de embalamiento
- Marcador de combustible

#### 5.5 TANQUE DE COMBUSTIBLE DIARIO, QUINCENAL Y SISTEMA DE TUBERIAS

Para determinar la capacidad del tanque de combustible diario y quincenal, asumo una interrupción de energía por parte de Electrocentro de 90 minutos interdiarios, frecuencia bastante elevada, asumida sólo por razones de cálculo de capacidad de tanques.

El consumo promedio de combustible para este tipo de motor es aproximadamente de: 0.2117 lt/HP/HR.

- Capacidad del tanque diario:  $.02117 \text{ lt/HP/HR} \times 500 \text{ HP} \times 1.5 \text{ H}$   
 $= 158.77 \text{ lt.}$

Capacidad tanque diario =  $158.77 \text{ lt} = 41.95 \text{ galones.}$

Por tanto las dimensiones finales del tanque de combustible diario será de 50 galones y tendrá las siguientes medidas: 0.50 m. de diámetro x 1.0 m. de largo.

- Capacidad del tanque quincenal =  $\text{cap. tanque diario} \times \frac{15 \text{ días}}{2}$   
 $= 41.95 \times \frac{15}{2}$

capacidad del tanque quincenal =  $344.63 \text{ galones.}$

Las dimensiones finales del tanque será: 1.0 de diámetro a 1.80 m. de largo.

La tubería de interconexión entre tanques y motor diesel será - de fierro negro de  $\emptyset 1''$ .

6. METRADO Y PRESUPUESTO DE OBRA

FECHA DE PRESUPUESTO : 30.01.86

PART.	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	MATERIALES		MANO DE OBRA	
				C. UNIT.	C. TOTAL	C. UNIT.	C. TOTAL
1	Motor eléctrico 125 HP, 440 V, 3 Ø, 60 Hz, 1800 RPM; clase de aislamiento "F", instalación ver tical.	und.	5	80,000	400,000	6,400	32,000
2	Bomba para sólidos para 34 m. ADT, 162.5 lt/seg. 1760 RPM, n = 80%	und.	5	61,000	305,000	4,880	24,400
3	Acoplamiento flexible motor - bomba	und.	5	5,200	26,000	208	1,040
4	Base soporte de bomba - motor	und.	5	6,600	33,000	164	1,320
5	Niple de acero de 10" Ø x 1.00 m.	und.	10	2,990	29,900	180	900
6	Válvula de pie de Ø 10"	und.	5	4,800	24,000	250	1,250
7	Reducción de fo. fdo. de 10" x 8" BB clase 150 ASA	und.	5	980	4,900	110	550
8	Unión flexible tipo dresse de 10" Ø clase 150 - ASA.	und.	5	1,800	9,000	160	800
9	Válvula de cierre tipo compuerta de fo.fdo. ter minales en brida de Ø 10" clase 150 ASA	und.	5	4,300	21,500	340	1,700
10	Tubería de acero de Ø 10" x 0.55 m. BB	und.	5	2,220	11,100	110	550
11	Válvula de retención tipo check cierre lento de fo.fdo. clase 150 ASA DE Ø 10" BB.	und.	5	4,800	24,000	250	1,250
12	Yee de fo.fdo. de 14" x 10" bridada clase 150 ASA	und.	5	2,150	10,750	200	1,000
13	Tubería de acero bridado clase 150 ASA :						

PART.	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	MATERIALES		MANO DE OBRA	
				C. UNIT.	C. TOTAL	C. UNIT.	C. TOTAL
	a) de Ø 10"	GLOBAL	17.5	36,325	36,325	2,900	2,900
	b) de Ø 6"	GLOBAL	5.0	4,700	4,700	400	400
14	Válvula compuerta de fo.fdo. de Ø 14" bridada clase 150 ASA.	und.	2	6,800	13,600	400	800
15	Estabilizador de Barcaza compuesto de un motore - ductor de 2.4 HP 61 RPM de salida, reductor SM131 motor NV90L4, y estructura con tubo de Ø 3" con un tambor para enrollamiento del cable.	und.	4	18,300	73,200	1,460	5,840
16	Reducción de fo. fdo. de 14" x 6" bridada clase 150 ASA.	und.	2	1,500	3,000	150	300
17	Válvula compuerta de fo.fdo. de Ø 6" clase 150 ASA	und.	2	2,200	4,400	180	360
18	Válvula de alivio de presión de Ø 6" bridada clase 125 ASA con regulación de 20 a 200 PSI	und.	2	25,000	50,000	1,200	2,400
19	Codo de fo.fdo. de 6" x 90º bridado clase 150 ASA	und.	2	580	1,160	80	160
20	Codo de fo.fdo. de 14" x 45º bridado clase 150 ASA.	und.	2	1,700	3,400	140	280
21	Teble eléctrico de 3,000 kg.	und.	1	7,600	7,600	850	850
22	Tablero general de distribución equipado con interruptor automático termomagnético de 3 x 800 A., 440 V. - 2 interruptores automáticos termomagnéticos de 3						

## MATERIALES

## MANO DE OBRA

PART.	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	C. UNIT.	C. TOTAL	C. UNIT.	C. TOTAL
	x 15 A, 440 V.						
	- 1 Interruptor automático termomagnético 2 x 30 A.						
	- 1 Salida para transformador de 5 KVA 440/220 V.	und.	1	48,000	48,000	4,000	4,000
23	Tablero de control de los motores eléctricos equipado con :						
	- 1 Interruptor automático termomagnético de 3 x 200 A, 440 V.						
	- Arrancador Y/A para 125 HP.						
	- Instrumentos de medición, amperímetro y conmutador, voltímetro y conmutador, kilovatímetro, hórómetro.	und.	5	46.800	234,000	3,500	17,500
24	Cable sumergible tipo NYY triplex 3x1x185 mm <sup>2</sup> .	m <sup>l</sup> .	270	1,640	442,800	27	7,290
25	Celda de llegada y transformación equipada con: - Sistema de barras, aisladores portabarras y accesorios de conexión. - Botella terminal interior 3 x 35 mm <sup>2</sup> . - Seccionador tipo cuchilla - Seccionador de potencia tripolar tipo NALF.						
	- Transformador 630 KVA, 3 Ø, 10 KV/440V - 220 V (5KVA)						
26	Grupo electrógeno Diesel - Motor Diesel	und.	1	164,300	164,300	11,500	11,500

PART.	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	MATERIALES			MANO DE OBRA		
				C. UNIT.	C. TOTAL	C. UNIT.	C. TOTAL	C. UNIT.	C. TOTAL
	440 kw., 1800 RPM, 4 tiempos, turboalimentado y enfriado por agua.								
	Generador síncrono de campos giratorios, 440 kw., 440 V, 3 Ø, 60 hz, 1800 RPM.	und.	1	1'000,000	1'000,000	35,000	35,000		35,000
27	Tablero de conmutación equipado con 2 interruptores automáticos termomagnéticos de 3 x 800 A, 440 V, 3 Ø 60 Hz.	und.	1	52,800	52,800	3,200	3,200		3,200
28	Tanque de combustible diario construido en plancha de 1/8" de 0.5 m. de diámetro x 1.00 m. de largo con sistema de tuberías de fo.negro de Ø 1" y bomba manual de 1" de diámetro.	und.	1	5,260	5,260	840	840		840
29	Tanque de combustible quincenal con capacidad para 370 galones construido con planchas de 1/8", de 1.00 m. de diámetro x 1.80 m. de largo con sus respectivas conexiones.	und.	1	4,800	4,800	600	600		600
30	Extractor de aire de 5000 m3/HR, tipo axial	und.	1	7,050	7,050	400	400		400
31	Angulos de acero estructural A-36 con un esfuerzo de 36,000 lb/pulg2.								
	a) L de 2 1/2" x 2 1/2" x 1/4"	m1.	450	60	27,000	7	3,150		3,150
	b) L de 1 3/4" x 1 3/4" x 1/4"	m1.	154	42	6,468	7	1,078		1,078
	c) L de 1 1/2" x 1 1/2" x 3/16"	m1.	226	33	7,458	7	1,582		1,582
	d) L de 2" x 2" x 3/16"	m1.	70	45	3,150	7	490		490

MATERIALES

MANO DE OBRA

PART.	DESCRIPCION	UNID.	CANT.	C. UNIT.	C.TOTAL	C.UNIT.	C. TOTAL
32	Perfiles de acero estructural A-36 con un esfuerzo de 36,000 lbs/pulg <sup>2</sup> .						
	a) 8" x 3 1/2 de 21.4 lb/pie	m1.	114	375	42,750	25	2,850
	b) I WF 10" x 8 de 33 lb/pie	m1.	24	525	12,600	40	960
	c) 12 I de 31.8 lb/pie	m1.	6	505	3,030	35	210
33	Plancha de acero estructural A-36 con un esfuerzo de 36,000 lb/pulg <sup>2</sup> .						
	a) Plancha de 1/4" de espesor de 1.50 x 3.00 m.	P1.	65	3,800	247,000	150	9,750
	b) Plancha de 1/4" x 1.20 x 2.40 m.	P1	32	2,950	94,400	110	3,520
	c) Plancha de 1/8" de espesor de 1.50 x 3.00 m.	P1	14	3,500	49,000	120	1,680
	d) Plancha de 1/8" x 1.20 x 2.40 m.	P1.	3	2,700	8,100	100	300
	e) Plancha de 3/8" de espesor (soportes de viga ca rrilera y apoyo de accesorios) 1.20 x 2.40 m.	P1.	4	3,950	15,800	250	1,000
	f) Plancha de 3/32" de espesor de 1.20 x 2.40 m. pa- ra techo y lados de caseta.	P1.	120	1,600	192,000	80	9,600
34	Manguera flexible en tramos de 10 m., de pliegues múltiples de Nylon y espiral de alambre de acero, resistente a la abaración, cortes y desgarramientos, vulcanizados sobre niples de acero.						
	Reforzada de Ø 14", tipo 750-R.	Tramo	10	83,500	835,000	1,250	12,500
35	Pintura naval consistente en la mezcla de un epóxi-						

MATERIALES MANO DE OBRA

PARTD. DESCRIPCION UNID. CANTID. C. UNIT. C.TOTAL C. UNIT. C.TOTAL

co y un catalizador en proporción de 2 a 1 previa a la pintada se deberá arenar la superficie. Se debe incluir un diluyente para limpieza epóxica. (Rendimiento 10 m2/galón de mezcla para la primera capa y 15 m2/galón para la segunda capa).

m2 876 52 45,552 8 7,008

MATERIALES 4'644,853 M. DE OBRA 217,058

TOTAL 4'861,911  
 G.G. Y UTIL. (25%) 1'215,448  
 TOTAL GENERAL I/. 6'077,359  
 =====

6.1 FORMULA POLINOMICA

- a) Presupuesto Base I/. 6'077,359
- b) Fecha de Presupuesto Base 30.01.86
- c) Fórmula Polinómica

$$K = 0.064 \frac{MOF_1}{MOFo} + 0.300 \frac{GM_1}{GMO} + 0.137 \frac{PA_1}{PAo} + 0.155 \frac{TE_1}{TEo} + 0.144 \frac{MP_1}{MPo}$$

$$+ 0.20 \frac{GGU_1}{GGUo}$$

donde :

Elementos	Código de Indices	% de Incidencia
MOF = Mano de Obra	(47)	56.25%
Válvulas de fo.fdo	(78)	35.94%
Accesorios de Fo. fdo.	(71)	7.81%
GM = Grupo Electrógeno	(49)	55. %
Electrobombas	(48)	45 %
PA = Plancha de Acero	(56)	78.10%
Tubería de acero	(65)	9.49%
Perfiles estructurales	(30)	12.41%
TE = Tableros Eléctricos.	(12)	100 %

MP = Manguera flexible	(37)	95.14%
Pintura naval	(35)	4.86%
 GGU = Gastos Generales		
y utilidades	(39)	100 %

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Normalmente, los sistemas de Saneamiento Básico se construyen de modo que permiten aumentar su uso con el transcurso del tiempo y así poder afrontar el crecimiento demográfico de la comunidad, de esta manera es común que los primeros años las instalaciones funcionen a bajos porcentajes de su capacidad nominal, incrementándose este porcentaje hasta alcanzar su capacidad nominal en el período de diseño.
2. Los Equipos electromecánicos han sido seleccionados teniendo en cuenta criterios técnicos, recomendaciones y experiencia de profesionales en este campo.
3. Cuando el líquido a bombear (agua) contenga materiales inorgánicos es aconsejable usar bombas para sólidos, que no se atoren fácilmente por el tipo de impulsor especial semiabierto, tornillo centrífugo y de canal.
4. Cuando se bombee agua con arenilla en suspensión como este caso deberá usarse impulsores de fierro nodular, que son los más apropiados utilizados también para bombear líquidos a temperaturas elevadas.

5. En el Diseño de la Barcaza Flotante se han tomado criterios prácticos para facilitar los cálculos cometiendo errores mínimos; para calcular el valor de los Brazos Adrizantes se ha considerado la Barcaza de forros totalmente verticales sin considerar los redondeos.
6. Para este caso particular la Barcaza Flotante se ha asumido la dimensión del calado (H) igual a la mitad del puntal (D), cometiendo un error del orden del 0.3%.
7. Para las poblaciones de la Selva Peruana donde no sea posible efectuar las captaciones de agua por los sistemas convencionales, se deberá usar este tipo de captación por medio de una Barcaza Flotante, adecuándola para las necesidades y requerimientos de la zona.
8. Por los cálculos efectuados esta Barcaza Flotante puede servir como prototipo para el diseño de otras similares de mayor o menor tamaño.
9. Por el contacto con el agua tanto en la parte externa como interna debida al falso fondo de la Barcaza, además por la humedad de la zona, toda la superficie deberá ser arenada y pintada con una base de pintura anticorrosiva y 2 capas de pintura naval (epóxica).
10. En la elaboración del presupuesto y fórmula polinómica los cos

tos de soldadura han sido recargados o incluidos en los costos de los elementos principales, planchas, ángulos, etc.

## BIBLIOGRAFIA GENERAL

1. ANALISIS POBLACIONAL  
Programa Regional OPS/EHP/CEPIS de Mejoramiento de Calidad de  
Agua para Consumo Humano.  
por el Ing. JOSE M. PEREZ CARRION
  
2. ABASTECIMIENTOS DE AGUA TEORIA Y DISEÑO  
por SIMON AROCHA R.
  
3. NORMAS Y REQUISITOS PARA PROYECTOS DE AGUA POTABLE Y ALCANTARI  
LLADO DEL MINISTERIO DE VIVIENDA Y CONSTRUCCION.
  
4. MECANICA DE FLUIDOS Y MAQUINAS HIDRAULICAS  
por CLAUDIO MATAIX
  
5. TEORIA DEL BUQUE Y SUS APLICACIONES  
(Estática del Buque)  
Volumen I  
por Ing. CARLOS GODINO GIL
  
6. TEORIA DEL BUQUE  
Tomo I  
por BALDOMERO GARCIA  
DANCEL RODRIGUEZ

7. ELEMENTOS DE ARQUITECTURA NAVAL  
por MANDELLI ANTONIO
  
8. ESTRUCTURA DEL BUQUE  
Tecnología y Cálculo  
por G.M. LOPEZ GARCIA  
V. BENITA FERNANDEZ
  
9. ESTACIONES TRANSFORMADORAS Y DE DISTRIBUCION  
por GAUDENCIO ZOPPETTY
  
10. REDES ELECTRICAS  
por GAUDENCIO ZOPPETTY
  
11. MANUAL DE SELECCION DE BOMBÁS  
HIDROSTAL
  
12. CODIGO NACIONAL DE ELECTRICIDAD  
MINISTERIO DE ENERGIA Y MINAS
  
13. CATALOGO DE FABRICANTE DE CABLES  
INCECO Y PIRELLI
  
14. CATALOGO DE FABRICANTE DE MOTORES Y TRANSFORMADORES  
DELCROSA

15. CATALOGO DE FABRICANTE DE VALVULAS DE ALIVIO DE PRESION  
CLAVALCO (NEY PORT BEACH CALIFORNIA USA).
  
16. BOLETIN ESPECIAL Nº 9 DE LA  
DIRECCION GENERAL DE DEMOGRAFIA - INE.