

34694

# CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES PROVINCIA DE BUENOS AIRES

**ANTEPROYECTO AVANZADO DE OBRAS DE BOMBEO  
Y REGULACION EN LA CUENCA DEL RIO DE LA MATANZA**

**EQUIPAMIENTO HIDRO Y ELECTROMECHANICO DE  
CENTRALES DE BOMBEO  
(Centrales UNAMUNO Y ECUADOR)**

**PRIMER INFORME PARCIAL**

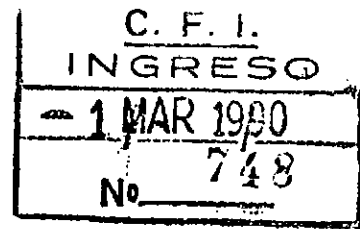
O  
Y 12  
5/11/90  
H 1112

**Ricardo Andrés Sarati**

**Buenos Aires, Febrero de 1990**

LA PLATA, 28/2/90.

Señor  
Secretario General del  
CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES  
Ing. Juan José CIACERA  
Calle San Martín Nro. 871  
CAPITAL FEDERAL



Referente a:

CONTRATO DE OBRA: "Anteproyecto Avanzado de obras de bombeo y regulación de la cuenca del Río de la Matanza - Equipamiento hidro y electromecánico de centrales de bombeo".

En cumplimiento de lo establecido en el Cronograma del Anexo IV del antes mencionado Contrato de Obra, tenemos el agrado de elevar el siguiente informe parcial para su evaluación por el Consejo Federal de Inversiones.

En el informe se podrá apreciar que las Tareas 1, 2 y 3 fueron completamente desarrolladas, suministrándose en ellas datos que no solo se utilizaron para el proyecto de las dos centrales de bombeo iniciales, sino que serán utilizados para las subsiguientes.

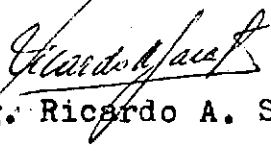
Para el desarrollo de los Items. de la Tarea 4, relativos a las Centrales Unamuno y Ecuador bastó en algunos casos una aproximación de los gastos picos a manejar, que nos fue suministrado por el Equipo Interdisciplinario de Técnicos C.F.I. - DHBA y en otros era necesario conocer los hidrogramas correspondientes, con los que no se contó oportunamente. Por esta razón se desarrollaron los Items

*Revisado*

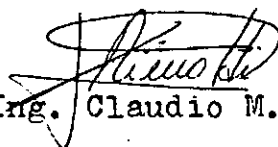
de acuerdo a los elementos con que se dispuso, siendo también en esta ocasión, útiles los desarrollos no solo para las centrales mencionadas, sino también para los subsiguientes.

En ocasión de conocerse los hidrogramas, completaremos los Items que requieran de sus valores.

Saludamos a Ud. con nuestra consideración más distinguida.



Experto Ing. Ricardo A. Sarati



Colaborador Ing. Claudio M. Rimoldi

Adjunto: Informe original, 123 hojas y 3 copias.

Ref.a:

"ANTEPROYECTO AVANZADO DE OBRAS DE BOMBEO Y  
REGULACION EN LA CUENCA DEL RIO DE LA  
MATANZA - EQUIPAMIENTO HIDRO Y ELECTROME-  
CANICO DE CENTRALES DE BOMBEO".

PRIMER INFORME PARCIAL

TAREA 1:Recopilación y Evaluación de Antecedentes

La primer tarea consistió en tomar conocimiento de todo lo proyectado hasta el momento de la firma de nuestro contrato, así como de proveernos de los planos que ya habían sido realizados.

Se nos suministraron los planos correspondientes a dos centrales, denominadas Unamuno y Ecuador, que a esa fecha habían sido proyectadas y licitadas.

En los proyectos de ambas habíamos participado extraoficialmente, (dado la inexistencia de contrato), cada vez que los integrantes del equipo interdisciplinario de técnicos del C.F.I. y la Provincia afectados a este estudio lo requirieron.

También quedó establecido que en principio concurriríamos dos días por semana a tomar contacto con los integrantes del mencionado equipo, a fin de brindar nuestro apoyo y obtener información para el cumplimiento de las tareas encomendadas.

TAREA 2:

Pautas para la disposición y conformación del reservorio de las centrales de bombeo en el sector de toma de las bombas, ello -- para las variantes de equipamiento con bombas con transmisión y -- bombas con motor sumergido.

Para el dimensionamiento general de los sumideros próximos a las bombas, existen publicaciones, de las cuales consideramos -- las más importantes y actualizadas, las producidas por el Hydraulic Institute Standard y el British Hydromechanics Research Association.

En ambos casos la disposición y conformación es independiente del tipo de bomba, pero mientras el H.I.S. se basa en el gasto de las mismas, el B.H.R.A. lo hace en base a los diámetros de las campanas de aspiración.

Ante la necesidad de hacer un estudio comparativo de resultados a obtener mediante ambas propuestas, asignamos caudales probables para las bombas a utilizar, para calcular en base a éstos -- los diámetros de campana necesarios.

Los caudales asignados fueron:

0,25 - 0,50 - 0,75 - 1 - 1,5 - 2,5 - 3,5 - 5 - 7,5 y 10 m<sup>3</sup>/s además considerando una altura manométrica que rondará el orden de los 5 a 7 m concluimos que, dado el número específico resultante, las bombas serán de hélice de flujo axial y eventualmente las de -- menores gastos podrán resultar de flujo mixto.

En base a lo anterior y siguiendo el método de cálculo establecido por Fuchslocher y Schulz para el Cálculo de Bombas Axiales pag. 89 y siguientes del tratado "Bombas", determinamos los diámetros D de campana correspondientes a los caudales asignados, calculando el diámetro exterior del impulsor Di y sabiendo que D es un --

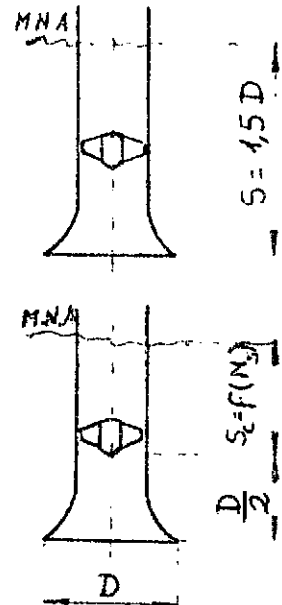
valor que puede variar entre 1,5 y 1,8 de  $D_i$ . ( $D_{\text{mín.}}$  y  $D_{\text{máx.}}$ ).

El método de cálculo hace a  $D_i$  dependiente del gasto  $Q$ , de la altura manométrica  $H$  y del nro. de revoluciones  $n$ ; Sintetizando, del número específico  $N_s = \frac{n \sqrt{Q}}{H^{3/4}}$ . Asignados los gastos  $Q$  y fijando la altura manométrica  $H = 6$  m, variando los números de revoluciones, dentro de valores razonables, para cada tamaño de bomba, obtuvimos una tabla de valores de

$D_{\text{mín.}}$  y  $D_{\text{máx.}}$  en función de distintos  $N_s$ .

Como los valores así obtenidos de  $D_{\text{mín.}}$  y  $D_{\text{máx.}}$  para cada tamaño de bomba son infinitos, los limitamos atendiendo a las siguientes 2 condiciones, una económica y otra de funcionamiento:

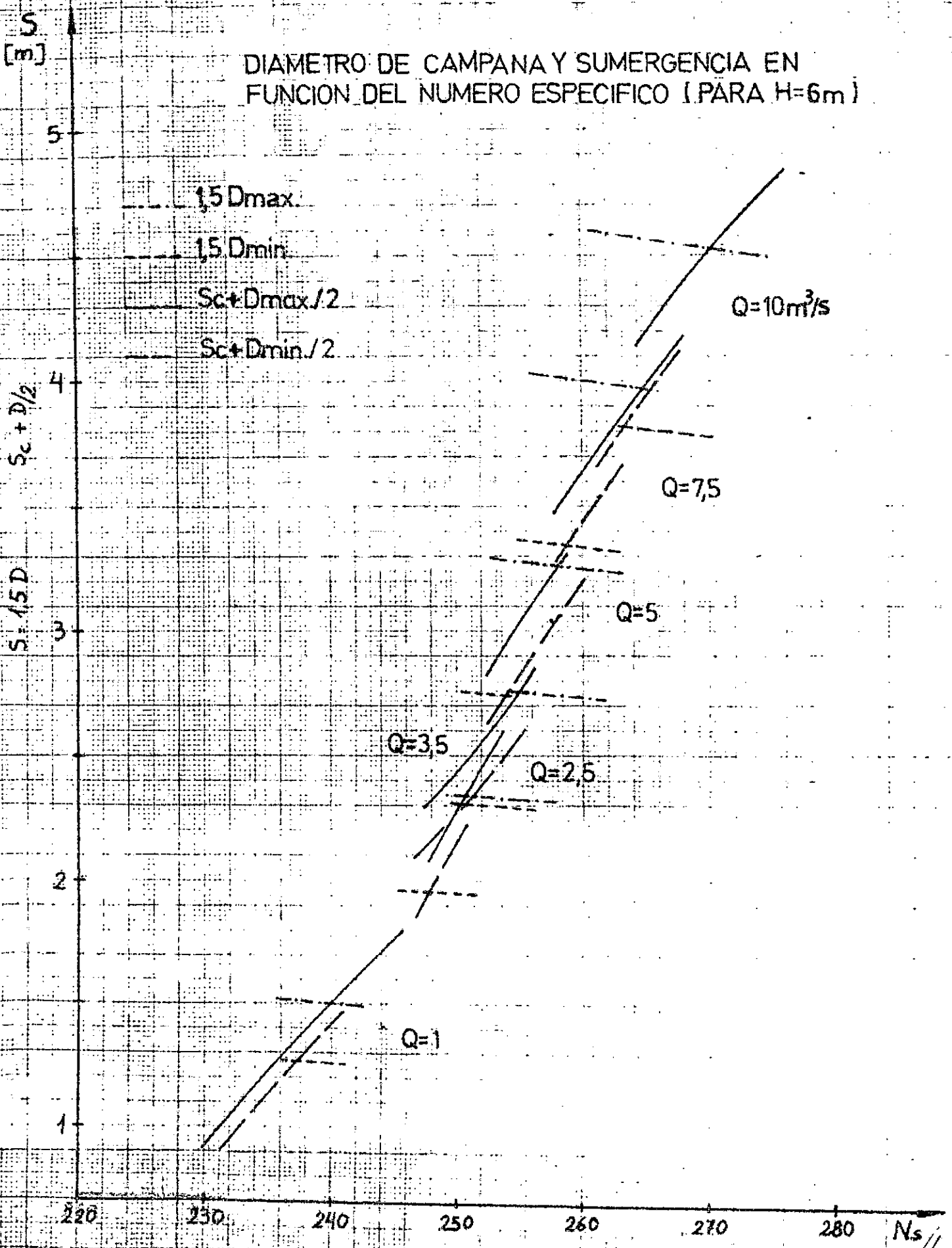
- 1) La establecida por B.H.R.A. en cuanto a la mínima profundidad de la campana para evitar la posibilidad de que los vórtices ocasionados inyecten aire en la aspiración de la bomba.
- 2) La establecida en el H.I.S. en base a múltiples experiencias, pag. 87 y sig. que da la mínima profundidad del impulsor  $S_c$  en base al número específico  $N_s$ , a fin de que no se produzca cavitación.



Como además se conoce, de la forma de desarrollar las campanas, que la distancia entre el labio de la campana y el borde de ataque de la hélice es  $= D/2$ , sacamos en conclusión que de entre los  $D$  calculados, los apropiados eran los que satisfacían la condición:  $S_c + \frac{D}{2} = 1,5 D$

Los valores  $D_{\text{mín.}}$  y  $D_{\text{máx.}}$  que satisfacen la ecuación anterior los obtuvimos mediante el gráfico Nro. 1 en el cual representamos los valores  $S_c + \frac{D}{2}$  y  $S = 1,5 D$ , ambos valores función -

DIAMETRO DE CAMPANA Y SUMERGENCIA EN  
 FUNCION DEL NUMERO ESPECIFICO (PARA H=6m)



$N_s$   
*[Handwritten signature]*



de Ns.

Siendo  $D = \frac{D_{\text{mín.}} + D_{\text{máx.}}}{2}$  nos resultaron los siguientes

diámetros de campana promedio:

Q (m <sup>3</sup> /s)	0,25	0,50	0,75	1,00	1,50	2,50	3,50	5,00	7,50	10
D (m)	0,60	0,75	0,85	0,95	1,10	1,45	1,70	2,00	2,40	2,85

De la comparación de los valores de dimensiones de sumideros obtenidos de Hydraulic Institute Standard en base a los gastos y de British Hydromechanics Research Association en base a los diámetros de campanas de aspiración, dedujimos que los mismos son bastante similares como puede apreciarse en la siguiente tabla correspondiente a bombas de 2,5 m<sup>3</sup>/s con diámetro de campana D=1,45m

	H.I.S.	B.H.R.A.
Distancia labio campana a fondo cisterna (C)	(26") 0,66 m	(0,5 D) 0,73 m
Distancia eje campana a pared posterior (B)	(54") 1,37 m	(0,75-1D) 1,09-1,45m
Distancia entre ejes de bombas (sin tabique) (W)	(113") 2,87 m	(2 D) 2,90 m
Nivel del agua hasta el fondo (no Sumergencia) (S+C)	(150") 3,80 m	(≥2 D) 2,90 m
Longitud conducto luego de transición cónica ó de iniciación del tabique. (E)	(215") 5,46 m	(≥4 D) 5,80 m
Distancia rejas de limpieza a ejes de bombas (F)	(245") 6,22 m	(≥5 D) 7,25 m
Velocidad máxima de acceso a sumidero.	0,66m/s	1,2 m/s
Velocidad máxima de aproxim. a campanas.	0,33m/s	0,3 m/s
Angulo de divergencia máx. en sumidero.	45° (preferente 15°)	20°
Ángulo máximo de la pend. del fondo (Zona bombas)	(no especific.)	10°

Por supuesto que algunos valores que difieren deben ser analizados en relación con otros guarismos dados, como ser velocidades, etc. Por lo expuesto y considerando que el B.H.R.A. encara -- con más detalle la temática de la conformación de sumideros, resolvimos adoptar a esta publicación para el dimensionamiento de los mismos, no dejando de comparar en cada caso lo establecido por el H.I.S. y tomando de éste el caso de la aproximación transversal.

Decidimos usar tabiques divisorios en la aproximación a cada bomba, debido a que el funcionamiento de éstas raramente será simultáneo, lo que ocasionaría una distribución del flujo de aproximación a las campanas incontrolado en caso de no existir tabiques, cosa absolutamente inconveniente cuando se trabaja con bajos valores de Sumergencia.

Además los tabiques, en este caso, se constituyen en elementos estructurales convenientes.

Esta disposición constructiva nos permitirá el estudio de la conformación del sumidero en la zona de aproximación a cada bomba, como un elemento simple, y la totalidad del sumidero como la suma de ellos.

En la tabla Nro. 1 que sigue transcribimos las dimensiones que resultan, para cada uno de los gastos asignados, con el fin de tener una guía rápida en el proceso de predimensionamiento de las distintas centrales de bombeo.

Los valores de la tabla no deben ser tomados con excesiva rigidez, pues los mismos son orientativos. Si bien algunos valores pueden disminuirse, en cambio el tomar el máximo valor aconsejado no nos asegura liberar de perturbaciones la zona de aproximación de las bombas si no producimos un acercamiento con flujo lo más uniforme posible, así:

La dimensión C, la adoptamos  $-\frac{D}{2}$  ( si bien puede llegar a -

ser  $-\frac{3D}{4}$  ), para obtener menor diámetro de sumidero. Si fuese menor que  $-\frac{D}{4}$  , no se lograría una aceleración progresiva a la entrada de la campana y si fuese mayor que D se alentaría la formación de torbellinos a la entrada a ella.

La dimensión B, es la máxima recomendada. La proximidad del fondo y de las paredes laterales inhiben la formación de vórtices y torbellinos del seno de la masa líquida.

La dimensión A, está relacionada con lo dicho para B.

La dimensión W, podría ser mayor, si se requiriera por las dimensiones de los motores. No obstante no es recomendable superar los 4 D.

La dimensión E, es la mínima aconsejada, para el caso que no se colocan compuertas o rejas a la entrada de cada conducción.

La dimensión F, es la mínima para valores de la velocidad transversal de 0,6 m/s, deberíamos incrementarla para valores mayores o bien poner pantallas orientadoras de la corriente.

La dimensión S, por último, es la mínima aconsejable. Si respetamos las dimensiones anteriores, así como las siguientes recomendaciones complementarias:

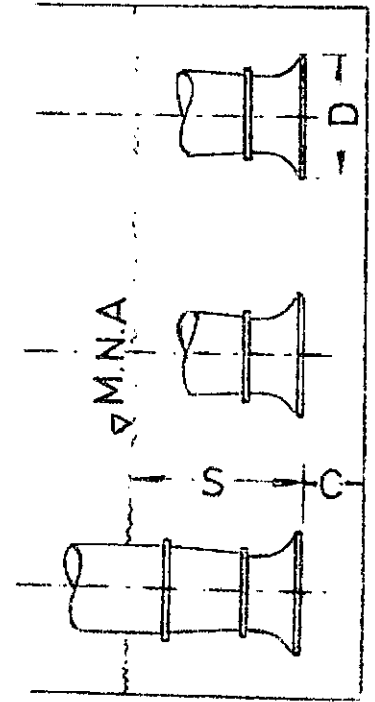
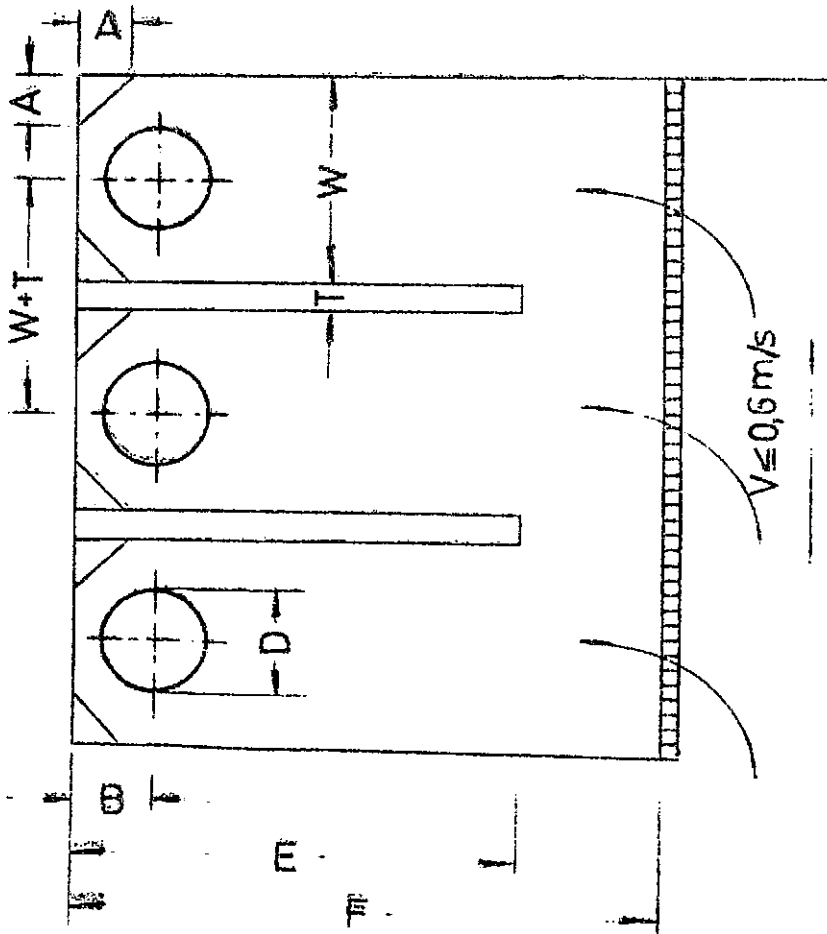
- 1) El flujo de aproximación hacia la entrada de las bombas debe ser uniforme en toda la sección transversal del canal de llegada.
- 2) Las velocidades promedio deben ser mantenidas bajas, recomendándose como máximas: 0,3 m/s para la aproximación a las campanas de aspiración y 0,6 m/s a la entrada del sector de toma. En las bombas de estiaje es conveniente mantener siempre una velocidad media igual o mayor de 0,7 m/s en toda la sección para que se produzca un correcto arrastre de sólidos.
- 3) La energía cinética originada por cambios de nivel debe ser di-

**TABLA Nº1**

**DIMENSIONES GENERALES DE SUMIDEROS EN FUNCION DEL GASTO**

Q (m <sup>3</sup> /s)	A (m)	B (m)	C (m)	D (m)	E (m)	F (m)	S (m)	W (m)
0,25	0,30	0,45	0,30	0,60	2,40	2,55	0,90	1,20
0,50	0,37	0,56	0,37	0,75	3,00	3,40	1,13	1,50
0,75	0,42	0,64	0,42	0,85	3,40	4,30	1,28	1,70
1,00	0,47	0,75	0,47	0,95	3,80	5,10	1,43	1,90
1,50	0,55	0,83	0,55	1,10	4,40	5,80	1,65	2,20
2,50	0,73	1,09	0,73	1,45	5,80	7,60	2,18	2,90
3,50	0,85	1,28	0,85	1,70	6,80	8,90	2,55	3,40
5,00	1,00	1,50	1,00	2,00	8,00	10,70	3,00	4,00
7,50	1,20	1,80	1,20	2,40	9,60	12,70	3,60	4,80
10,00	1,43	2,14	1,43	2,85	11,40	15,30	4,28	5,70

Valores F deben incrementarse si  $V > 0,6 \text{ m/s}$ .



*[Handwritten signature]*

sipada antes de llegar a las bombas.

- 4) Si es posible, colocar las rejillas de limpieza de manera que también sirvan como enderezadoras de flujo.

Las dimensiones generales establecidas anteriormente son adecuadas tanto para el funcionamiento de bombas de hélice de flujo axial accionadas por transmisión, como para las del mismo tipo -- accionadas por motor sumergido.

Existe un estudio para la conformación de sumideros, propuesto por una firma industrial y comercial dedicada a las bombas de motor sumergido y al decir de la firma, realizado por encargo en la Universidad de Nottingham.

El referido estudio, cuya veracidad confiamos, propone sumideros de muy diferente conformación a los clásicos desarrollados por H.I.S. y B.H.R.A. y a nuestro juicio no lo debemos considerar debido a los siguientes factores:

- 1) El estudio está limitado a unidades con un gasto máximo de  $Q = 1,5 \text{ m}^3/\text{s}$ .
- 2) Ha sido realizado, aparentemente, con un grupo de hasta cuatro unidades solamente.
- 3) Las unidades que se representan en la publicación lo son de bajo nro. específico, (centrífugas), por lo tanto poco susceptibles a la cavitación.
- 4) Se basa principalmente en la afluencia del agua al sumidero a través de conductos estrechos a mucha velocidad.
- 5) De todas maneras da dimensiones comparativas hasta  $Q = 1,5 \text{ m}^3/\text{s}$  no menores que las establecidas por H.I.S. y B.H.R.A.

Para cada central y de acuerdo a las bombas que deban utilizarse aconsejaremos la mejor solución a nuestro criterio y en base a lo establecido precedentemente de acuerdo al B.H.R.A. con verifi

cación de lo aconsejado por el H.I.S.

No obstante para instalaciones de esta envergadura, se reco  
mienda realizar un modelo físico froudiano en escala adecuada.



TAREA 3:

Pautas para la determinación de la cantidad y gasto de las bombas en cada central de bombeo para las variantes de equipamiento a considerar.

Exponemos a continuación la metodología que aplicaremos para el cumplimiento de esta tarea, para lo cual parcializaremos el tema en lo correspondiente a " Bombas principales " y " Bombas de estiaje ".

A) Bombas principales.

Para la determinación de la cantidad y gastos de las bombas principales dependemos fundamentalmente del hidrograma de alimentación de la central de bombeo y del conocimiento del volumen del reservorio con que se cuenta, así como de la curva de alturas de éste en función de los volúmenes acumulados.

Básicamente procederemos realizando, a partir del hidrograma que corresponde, una curva de volúmenes acumulados en el reservorio disponible en función del tiempo. Consecuentemente a cada volumen le corresponderá un nivel, obtenido de la curva de alturas en función de los volúmenes.

Trabajando sobre esta curva realizada, deberemos ir satisfaciendo los caudales de entrada al reservorio, de manera tal que el nivel en él crezca progresivamente, hasta lograr a caudal de entrada máximo el nivel casi máximo y de allí en más que podamos mantenerlo.

Con el conocimiento del hidrograma y una buena capacidad del reservorio podemos llegar, en alguno de los casos, a una suma de gastos instalado que puede ser inferior al valor máximo del hidrograma.

En todo este proceso no deberemos perder de vista los niveles de sumergencia que requiere cada unidad para su puesta en funcionamiento así como en el momento de su salida de servicio. Además, deberemos prever el manejo de los volúmenes cuando se trate de caudales de baja magnitud; por lo tanto el criterio que utilizaremos será el de poner bombas de relativo bajo caudal para regular la primera parte del hidrograma y en la medida que la sumergencia lo permita, colocar unidades mayores, tratando de poner el menor número pero de mayor tamaño posible.

Otro factor que consideraremos es el tiempo entre el arranque de dos máquinas sucesivas, de manera que la corriente de arranque de un equipo disminuya al valor nominal antes del arranque de una subsiguiente.

La determinación del punto de encendido de la lra. bomba de un gasto determinado la realizaremos teniendo en cuenta que debe haber también un tiempo mínimo entre el encendido y el reencendido de una misma unidad; Gráfico Nro. 2.

En este sentido el caso más desfavorable se puede presentar si inmediatamente de encendida una unidad cae el gasto de entrada al reservorio a un valor hipotético igual a cero, con lo cual decrecería el nivel en él, llegándose a la cota de parada en un tiempo mínimo:

$$\Delta t_1 = \frac{VE - VS_{\text{mín.}}}{Qb_E} \quad (1)$$

donde: VE = Volumen del reservorio en el punto de encendido

VS<sub>mín.</sub> = Volumen del reservorio en el punto de sumergencia mínima ( para este caso, nivel de parada )

Qb<sub>E</sub> = Sumatoria de los gastos en bombeo con el encendido de la bomba considerada.

Continuando con la consideración del caso más desfavorable,



puede ocurrir que al cabo del tiempo  $\Delta t$ , y detenida la unidad en consideración, se restablezca el crecimiento del hidrograma par--  
tiendo del mismo valor  $Q_e$ . En este caso se llegará nuevamente -  
al nivel de encendido en un intervalo de tiempo dado por:

$$\Delta t_2 = \frac{V_E - V_{s \text{ mín}}}{Q_e - \sum Q_{bp}} \quad (\text{II})$$

donde:  $Q_{bp}$  = Sumatoria de los gastos en bombeo sin contar la  
bomba considerada.

$Q_e$  = Caudal de entrada correspondiente al tiempo de -  
encendido unidad considerada.

El valor de  $Q_e$  se determina mediante el hidrograma.

Si consideramos que para motores de superficie para bombas  
con transmisión está establecido que el nro. máximo de arranques  
por hora varía entre 6 y 8, concluimos que

$$7,5 \text{ min} < (\Delta t_1 + \Delta t_2) < 10 \text{ min}$$

y para bombas de motor sumergido se admiten como máximo 10 y 12 -  
arranques por hora de donde

$$5 \text{ min} < (\Delta t_1 + \Delta t_2) < 6 \text{ min}$$

De las ecuaciones (I) y (II) y haciendo  $\Delta t_1 + \Delta t_2 = \Delta t_t$

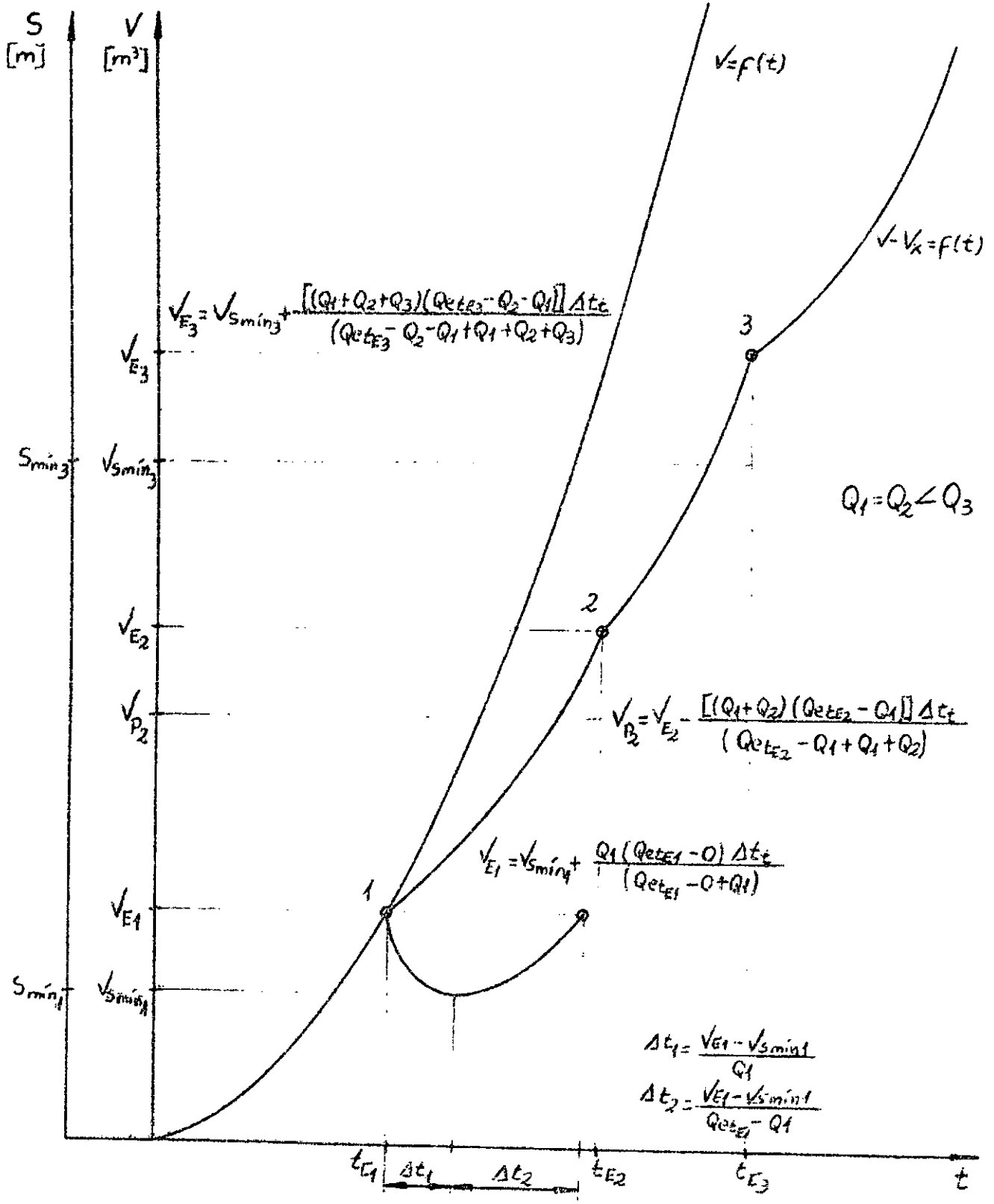
obtenemos:

$$V_E = \frac{\sum Q_{bE} (Q_e - \sum Q_{bp}) \Delta t_t}{(Q_e - \sum Q_{bp} + \sum Q_{bE})} + V_{s \text{ mín}} \quad (\text{III})$$

con lo cual, asignando a  $\Delta t_t$  los valores dentro de los rangos es-  
tablecidos según sea el tipo de bomba, determinamos  $V_E$  y conse---  
cuentemente el nivel de encendido.

Establecido el tiempo  $t_E$  de encendido de la primera unidad  
de bombeo, procederemos a determinar en tiempos sucesivos  $\Delta t_x =$   
 $= t_x - t_E$  los volúmenes bombeados por esta unidad ( $V_x = Q_{bE} \Delta t_x$ )  
restando, para cada  $t_x$ , del volumen dado para ese punto por el -  
gráfico  $V = f(t)$ , el valor  $V_x$  obtenido. De esta manera se va ob-  
teniendo una curva de  $V - V_x = f(t)$  con la lra. bomba en funciona---

GRAFICO N° 2



miento.

Conciliando la posibilidad de encender otra bomba en base a los caudales que ingresen, de acuerdo al hidrograma, y el tiempo mínimo necesario para el decrecimiento de la corriente de arranque de la 1ra. bomba, determinaremos el arranque de la segunda; obtenemos nuevos valores  $V_x = Q_b \cdot \Delta t_x$  y trazamos otro tramo de la curva  $V - V_x = f(t)$  pero considerando que para este nuevo tramo los valores de  $V_x$  corresponden al  $Q_b$  de dos unidades. Seguimos con el mismo procedimiento para sucesivas bombas.

Los niveles de parada los obtendremos haciendo las mismas consideraciones por las cuales obtuvimos la ecuación (III) pero reemplazando  $V_{smín}$  por  $V_p$  obteniendo

$$V_p = V_E - \frac{\sum Q_{bE} (Q_e - \sum Q_{bp}) \Delta t_t}{(Q_e - \sum Q_{bp} + \sum Q_{bE})} \quad (IV)$$

con lo que fijamos el valor del nivel de parada.

Cuando la sumergencia lo permita incorporaremos al gráfico el funcionamiento de una unidad de mayor caudal, siguiendo el procedimiento indicado en los párrafos anteriores para la determinación del punto de encendido de la primera.

De esta forma y por sucesivos intentos buscaremos la solución más conveniente evaluando cantidad y tamaño, procurando la menor diversidad en cuanto a caudales. Es obvio que contar con un gran reservorio facilita la regulación.

#### B) Bombas de estiaje.

Se trata de equipos que funcionarán con mayor frecuencia que las bombas para líquidos pluviales, por lo tanto se hace necesario que analicemos más a fondo el consumo de energía.

Por otra parte como para las bombas de estiaje no existe reservorio adicional y deberemos realizar toda la acumulación en el pozo sumidero a construir, también tendremos que prestar aten--

ción a esta circunstancia y tratar de minimizarla.

Normalmente el gasto de estiaje es pequeño comparado con lo que deben evacuar las bombas principales, pero por las razones económicas apuntadas deberemos conocer su valor máximo lo más exactamente posible para reducir el volumen del pozo sumidero.

Por lo común se asigna una o dos bombas para satisfacer el gasto de estiaje y se agrega una unidad por razones de seguridad de servicio.

Ambas condiciones, de achicar el consumo de energía y la obra civil, las podremos lograr en parte aumentando el número de arranques por hora, compatible con lo permitido por los motores eléctricos.

La solución del mejor aprovechamiento de los equipos y del mínimo volumen del pozo sumidero se basa en las siguientes consideraciones:

Si llamamos:

T = Tiempo entre dos arranques sucesivos de la bomba o tiempo del ciclo, en segundos.

V = Volumen efectivo del sumidero entre los niveles de arranque y parada de dicha bomba.

$Q_b$  = Gasto de la bomba considerada.

$Q_e$  = Gasto de entrada al pozo sumidero.

$t_a = \frac{V}{Q_e}$  = Tiempo de llenado del pozo sumidero.

$t_b = \frac{V}{Q_b - Q_e}$  = Tiempo de funcionamiento de la bomba.

Tendremos que:

$$T = t_a + t_b = \frac{V}{Q_e} + \frac{V}{Q_b - Q_e} = \frac{V Q_b}{Q_e (Q_b - Q_e)} \quad (V)$$

$$f = \frac{1}{T} = \frac{Q_e (Q_b - Q_e)}{V Q_b} = \frac{Q_e Q_b - Q_e^2}{V Q_b}$$

considerando  $Q_b = \text{cte.}$  y  $V = \text{cte.}$

$$\frac{dF}{dQ_e} = \frac{Q_b - 2Q_e}{\sqrt{Q_b}} \quad \text{y haciendo } \frac{dF}{dQ_e} = 0$$

$$\frac{Q_b - 2Q_e}{\sqrt{Q_b}} = 0 \quad \text{cuando } Q_e = \frac{Q_b}{2}$$

a simple vista, este es el máximo valor de  $f$  y por sustitución en  $(V)$ ,  $T = \frac{4 \cdot V}{Q_b}$  cuando  $T$  es mínimo.

Concluimos que el nro. de arranques es máximo cuando la bomba funciona la mitad del tiempo del ciclo. De aquí deducimos también que:

$$V_{\min} = \frac{T_{\min} \cdot Q_b}{4} \quad \text{o} \quad Q_b = \frac{4 V_{\min}}{T_{\min}}$$

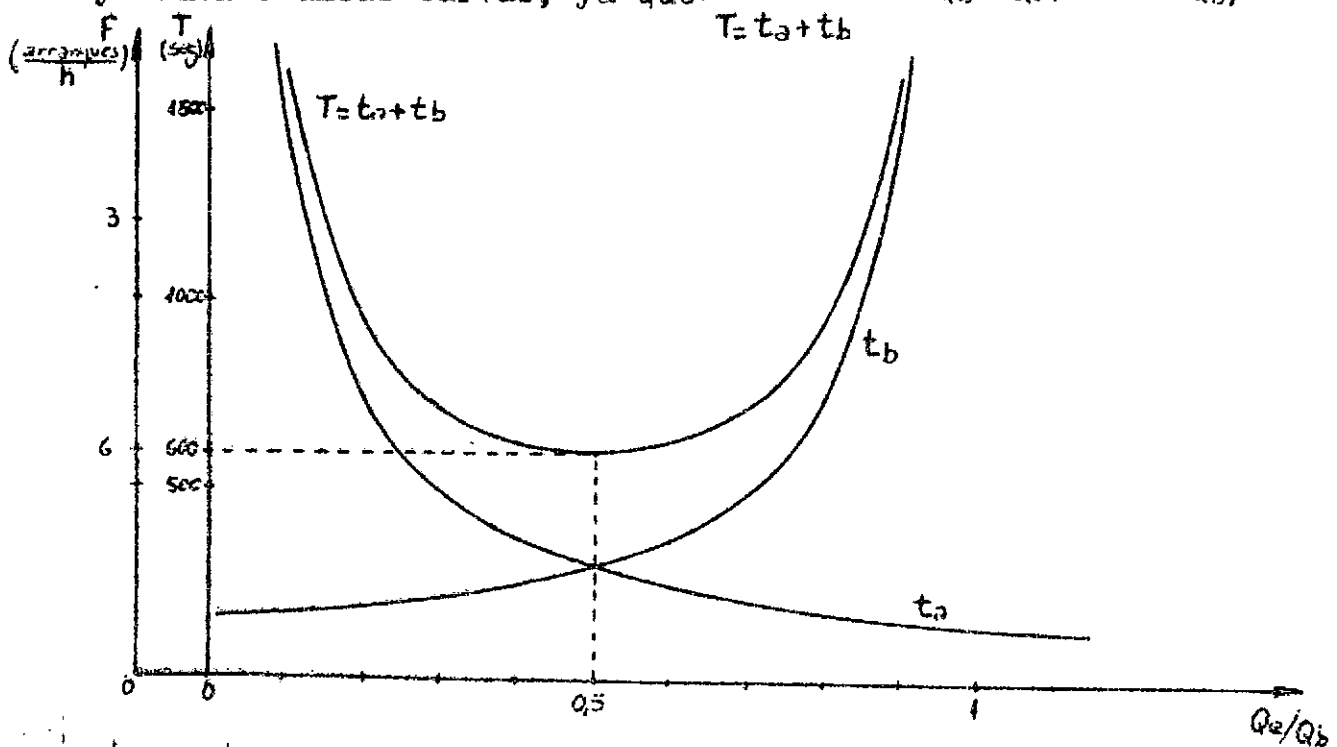
En base a la condición obtenida interiormente, se puede graficar  $t_a$  y  $t_b$  en función de  $\frac{Q_e}{Q_b}$  resultando:

$$t_a = \frac{V}{Q_e} = \frac{T \cdot Q_b}{4 Q_e} = \frac{T}{4 \frac{Q_e}{Q_b}}$$

$$t_b = \frac{V}{Q_b - Q_e} = \frac{T \cdot Q_b}{4(Q_b - Q_e)} = \frac{T}{4 \left( \frac{Q_b}{Q_b} - \frac{Q_e}{Q_b} \right)} = \frac{T}{4 \left( 1 - \frac{Q_e}{Q_b} \right)}$$

y sumando ambas curvas, ya que:

$$T = t_a + t_b$$



Se visualiza que el número de arranques por hora, (frecuencia), es máximo cuando la bomba funciona la mitad del tiempo del ciclo, para lo cual tiene que cumplirse que  $Q_b = 2Q_e$ .

Vemos también que el nro. de arranques es menor ya sea que aumente o disminuya la relación  $Q_e/Q_b$ , o sea aumente o disminuya el gasto de entrada  $Q_e$  ya que  $Q_b$  es constante.

De lo demostrado queda establecido que las bombas de estiaje deberán producir un gasto doble del de entrada  $Q_b = 2Q_e$ , y en base a suponer, para motores de superficie, que la frecuencia "f" de arranques podrá estar entre 6 y 8 veces por hora, (resultando T entre 10' y 7'30" respect.), resultarán volúmenes del pozo sumidero comprendidos entre 2,5 y 1,88 veces  $Q_b$  (tomando  $Q_b$  en volúmenes por minuto).

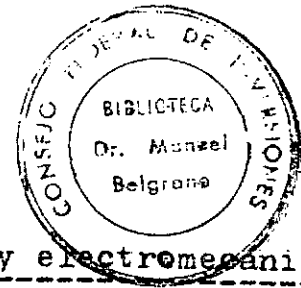
De resultar bombas de poco gasto, tendremos en cuenta el tamaño de sólidos que deben permitir pasar estas bombas, compatible con su servicio y las rejas de limpieza que se coloquen.

En caso que no pudiéramos dar al pozo sumidero el volumen necesario indicado antes, recurriremos a colocar más bombas con funcionamiento alternado de las mismas; solución ésta, que encarece el equipamiento y trataremos de evitar.

#### CONCLUSION:

Como podemos apreciar, la solución para cada central es compleja y en cada caso surgirá del conocimiento del hidrograma, el gasto máximo de estiaje y las cualidades de reservorio que tenga cada red de desagües y es conveniente que las bombas de estiaje y las de bombeo de aguas pluviales constituyan un mismo sistema, aun que con ciertas particularidades, a fin de disminuir el número de bombas y proveer la máxima elasticidad a la central.

Los conceptos y la metodología expuestos son aptos tanto para la elección de las electrobombas accionadas por transmisión como por motor sumergido.



TAREA 4:

Anteproyecto de equipamiento hidro y electromecánico de dos centrales de bombeo iniciales, (a determinar), en las variantes de equipamiento consideradas (de transmisión y de motor sumergido).

La tarea encomendada en este punto exige particularizar el estudio en dos centrales iniciales, de las cuales se desconocen -- con precisión los datos hidrológicos.

Esto último nos llevó a desarrollar algunos ítems desde el punto de vista general estableciendo valores para la gama de caudales ya fijadas en tareas 2 y 3. Otros ítems, que no requirieron de tales datos, se desarrollaron en forma particular para las centrales Unamuno y Ecuador tal cual lo proyectado.

También se redactaron Especificaciones Técnicas, Planillas de Datos Garantizados y Planillas de Ensayos que son de carácter general y servirán no solamente para las centrales mencionadas, si no también para las subsiguientes.

21

TAREA 4 - 1:

Asignación de las Sumergencias. Determinación de los niveles de marcha y parada de cada unidad en cada una de las centrales; fijación de las secuencias de marcha y parada de las bombas.

Las sumergencias están definidas como valor " S " en la tabla de pag. 9 para la gama de caudales adoptados.

En cuanto a los niveles de marcha y parada así como a la secuencia de encendido, no se puede definir hasta contar con los datos hidrológicos exactos de las 2 primeras centrales y elegir los equipos de bombeo correspondientes.



TAREA 4 - 2:

Descripción de los tipos de bombas requeridos, con especificación de las características especiales de esos equipos y alturas manométricas asignadas en cada caso.

Si bien no están determinados los equipos a utilizar en las 2 primeras centrales, por las razones ya citadas, procedimos a describir y a especificar las características técnicas de éstos, que son comunes para toda la gama de caudales.

No asignamos por el momento los caudales ni las alturas manométricas pero desarrollamos lo que para la licitación constituyen las Especificaciones Técnicas.

Adjuntamos además las correspondientes Planillas de Datos - Garantizados y Especificaciones para los ensayos de los grupos completos.

VARIANTE I :

Bombas con transmisión y motor de superficie.

DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO PRINCIPALES

Serán electrobombas verticales, con transmisión y motor de superficie, adecuadas para proporcionar el gasto y altura solicitados para cada caso, con la sumergencia prevista en el proyecto para su funcionamiento, con los rendimientos mínimos solicitados.

Bomba :

Del tipo de flujo axial, con impulsor de hélice de paso fijo, baja velocidad de rotación y siguientes detalles constructivos: El tazón: podrá ser de fundición de hierro de calidad no inferior a la establecida por la norma ASTM A4848 CL. 30 o de chapa de acero Siemens Martin SAE 1030, de espesores adecuados, soldadas eléctricamente. Contendrá los álabes difusores y el correspondiente aloja--

miento del cojinete de guía del eje de bomba.

La campana de aspiración: podrá ser de los mismos materiales que el tazón. Contendrá álabes enderezadores del escurrimiento y eventualmente otro alojamiento de cojinete. Su unión con el tazón deberá ser bridada y provista de bulones de acero inoxidable AISI 316.

El impulsor; del tipo de Hélice, será fundido en bronce de calidad no inferior a la norma SAE 40. En correspondencia con la periferia del impulsor, la parte fija deberá poseer un anillo de desgaste renovable de bronce según norma SAE 65.

El eje de bomba, será de acero inoxidable de calidad no inferior al tipo AISI 304 y dimensión tal que permita el funcionamiento libre de vibraciones ante el eventual pasaje de sólidos de tamaños compatibles con los que permite la bomba y limitadas por rejillas. Estará guiado por un mínimo de dos cojinetes ubicados de tal manera que impidan la comunicación de flexiones al eje de transmisión.

Los cojinetes de guía del eje de bomba: serán de bronce de calidad no inferior a la norma SAE 65 y se proveerá una adecuada lubricación.

En general, los materiales constructivos de la bomba tendrán en consideración el contacto de ésta con líquidos efluentes industriales de cierto grado de corrosión; las formas de acople del impulsor y demás elementos tendrán en cuenta también esta circunstancia.

Los elementos rotantes deberán estar balanceados estática y dinámicamente de manera que las vibraciones no provoquen deflexiones de 0,1 mm ó mayores.

Todo el conjunto poseerá cáncamos adecuados para su izaje.

Transmisión y Caño de Impulsión:

Del tipo de eje protegido, lubricada por aceite o agua limpia.

Los tramos de eje de transmisión: deberán ser de acero inoxidable

AISI 410/420, de longitudes adecuadas que faciliten su montaje, unidos entre sí y al eje de bomba mediante bridas roscadas y chavetadas de manera que no se desenrosquen en caso de rotación inversa. Los caños columna o de impulsión, serán de acero de calidad no inferior a SAE 1030, divididos en tramos acordes al proyecto y al -- largo de los ejes de transmisión, se unirán mediante bridas soldadas eléctricamente y la unión entre ellos será mediante bulones de acero inoxidable tipo AISI 304; unos de estos tramos contendrá la descarga en ángulo de acuerdo a lo proyectado. Poseerán cáncamos -- para su izaaje.

Los cojinetes de transmisión, podrán ser de bronce SAE 64 ó de Neo preno y la distancia entre sí será tal que el funcionamiento esté libre de vibraciones.

En correspondencia con cada cojinete los ejes de transmisión tendrán un sobredimensionado o un manguito postizo del mismo material que permita la reparación cuando deba compensarse su desgaste.

Los ejes de transmisión estarán protegidos por un caño camisa de acero, de calidad no inferior a SAE 1020, en tramos adecuados unidos por cuplas roscadas que pueden ser al mismo tiempo soportes de los cojinetes de transmisión. Este caño camisa permitirá la lubricación, que podrá ser por aceite o por agua limpia según -- sea el material adoptado para los cojinetes, y estará perfectamente centrado con el caño columna por medio de estrellas centradoras de acero.

Para la puesta en marcha, el equipo contará con un sistema que permita la prelubricación de los cojinetes de la transmisión.

#### Cabezal:

Estará dimensionado para soportar el peso total del equipo. La linterna de apoyo del motor eléctrico podrá ser de chapa de ace ro soldado, de calidad no inferior a SAE 1030, unida al motor me--

diante encastre perfectamente mecanizado, podrá componerse de dos partes y tendrá que contener el acoplamiento semielástico al eje del motor, el soporte del rodamiento de empuje, el sistema de lubricación de la transmisión y si se requiere, también el reductor.

Se proveerá con la oferta un corte de cada equipo distinto con dimensiones generales y materiales a utilizar, así como el cálculo de los rodamientos de empuje, lubricados por aceite, diseñado de tal manera que su temperatura en servicio no supere los 60° C, y que de ser necesario, serán refrigerados con agua. Dispondrán de termómetros a distancia (termistores) para su control.

Se tendrá en cuenta en la oferta, la provisión de todos los elementos auxiliares como ser niveles visibles para el aceite del cabezal, aceiteras electromagnéticas para la lubricación de la transmisión o filtros de agua, etc., que, aunque no se los mencione explícitamente, sean necesarios para el perfecto y total funcionamiento de los equipos.

Todos los elementos estructurales tendrán dimensiones tales que no solo aseguren su resistencia, sino una marcha libre de vibraciones.

Todos los elementos de la bomba y transmisión que no sean de material inoxidable, estarán protegidos interior y exteriormente mediante dos manos de base y tres manos de pintura epoxi en base bituminosa.

Deben completarse las Planillas de Características y Datos Garantizados. Se indicará solo una marca y modelo de equipo propuesto, no aceptándose la palabra similar.



FLANILLA DE CARACTERISTICAS Y DATOS GARANTIZADOSBomba1) Cuerpo de bomba

Marca:

Modelo:

Fabricante:

Tipo:

Velocidad: v.p.m.

Pasaje de sólidos: m.m.

Características tecnológicas de los materiales:

Tazón:

Difusor:

Impulsor:

Campana de aspiración:

Eje:

Cojinetes:

Sellos mecánicos:

Diámetro exterior máximo: m.m.

Peso total del cuerpo armado: Kg.

2) Transmisión2-1) Eje:

Material:

Carga de rotura a la tracción:  $\text{Kg/mm}^2$ 

Diámetro útil: m.m.

Peso por metro: Kg/m

Característica de los acoplamientos:

2-2) Cojinetes:

Tipo de cojinete:

Material:

Diámetro exterior: m.m.

Diámetro interior: m.m.

Longitud: m.m.

Peso: Kg.

2-3) Caños de protección:

Tipo de unión:

Material:

Diámetro exterior: m.m.

Espesor: m.m.

Peso por metro: Kg/m

2-4) Caños de impulsión (o columna):

Tipo de unión:

Material:

Diámetro exterior: m.m.

Espesor: m.m.

Peso por metro: Kg/m

3) Cabezal:

3-1) Soporte de rodamiento de empuje axial:

Croquis adjunto con dimensiones y materiales:

Rodamientos:

Marca:

Cantidad:

3-2) Acoplamiento semielástico:

Croquis adjunto con dimensiones y materiales:

3-3) Reductor (si existe)

Croquis adjunto con dimensiones y materiales:

Rodamientos:

Marca:

Cantidad:

3-4) Sistema de lubricación de la transmisión:

Croquis descriptivo:

Peso total del conjunto cabezal armado: kg.

DATOS DE FUNCIONAMIENTO GARANTIZADOS

Q = Gasto

Nb = potencia absorbida bomba

Nbc = potencia absorbida bomba-transmisión y cabezal

Nt = potencia total en bornes

H = altura manométrica total

$\eta_b$  = rendimiento bomba

$\eta_{bc}$  = rendimiento bomba-transmisión y cabezal

$\eta_t$  = rendimiento total en bornes

a) Para el punto de arranque:

Q =	$m^3/s$	Nb =	CV ó Kw	$\eta_b$ =	%
H =	m	Nbc =	CV ó Kw	$\eta_{bc}$ =	%
		Nt =	CV ó Kw	$\eta_t$ =	%

b) Para el punto de parada

Q =	$m^3/s$	Nb =	CV ó Kw	$\eta_b$ =	%
H =	m	Nbc =	CV ó Kw	$\eta_{bc}$ =	%
		Nt =	CV ó Kw	$\eta_t$ =	%



VARIANTE II :Bombas con motor sumergido.DESCRIPCION DE LOS EQUIPOS DE BOMBEO PRINCIPALES

Serán electrobombas verticales de motor sumergido y acoplamiento directo, adecuada para proporcional el gasto y altura solicitadas en cada caso con su respectiva sumergencia y con los rendimientos mínimos solicitados.

Bomba :

Del tipo de flujo axial, con impulsor de hélice de paso fijo, baja velocidad de rotación y siguientes detalles constructivos: El Tazón: podrá ser de fundición de hierro de calidad no inferior a la establecida por la norma ASTM A 4848 CL 30 o de chapa de acero SIEMENS MARTIN SAE 1030, de espesores adecuados, soldadas eléctricamente. Contendrá los álabes del difusor.

La campana de aspiración podrá ser del mismo material que el tazón. Contendrá álabes enderezadores del escurrimiento. Su unión con el tazón, si existiese, deberá ser bridada y provista de bulones de a cero inoxidable AISI 316.

El impulsor, del tipo de hélice, será fundido en bronce de calidad no inferior a la norma SAE 40. En correspondencia con la periferia del impulsor, la parte fija deberá poseer un anillo de desgaste re novable de bronce según norma SAE 65.

El eje motor, será de acero inoxidable de calidad no inferior al tipo AISI 304. Estará guiado por dos (2) rodamientos ubicados en el motor y garantizará una marcha libre de vibraciones ante el ca saje de sólidos compatibles con lo permitido por la bomba.

La cámara intermedia, ubicada entre el tazón y la carcasa del motor, será construida en fundición de hierro de calidad no inferior a lo establecido en la norma ASTM A 4848 CL 30 y una vez montado el conjunto, contendrá aceite para asegurar un buen funcionamiento de los elementos componentes.

Para el control de éste aceite, se dispondrá de un sensor que emitirá una señal óptica y/o luminosa en el panel y consola de comando.

Contará con dos sellos mecánicos de doble acción de tal manera de obtener una buena estanqueidad de la cámara del estator. - Estarán contruidos de elastómero del tipo Nitrilo Buna "N" u otro apto para trabajar en aceite a temperaturas que no superan los 80° C.

Los elementos rotantes deberán estar balanceados estática y dinámicamente, de manera que las vibraciones no provoquen deflexiones mayores de 0,1 mm.

El acople del impulsor con el eje motor será de tal manera que en caso de rotación inversa no se desacople.

Se tendrá en cuenta la provisión de todos los elementos auxiliares como ser niveles visibles del aceite de la cámara intermedia y otros elementos que aunque no se mencionen explícitamente sean necesarios para el perfecto y total funcionamiento de los equipos.

Todos los elementos componentes que no sean de acero inoxidable, estarán protegidos exterior e interiormente mediante dos manos de base y tres manos de pintura epoxi en base bituminosa.

En general el equipo estará en contacto con líquidos efluentes industriales de cierto grado de corrosión.

Las formas de acople del impulsor y demás elementos tendrán también en cuenta esta circunstancia.

Deben completarse la Flanilla de Características y Datos garantizados. Se indicará solo una marca y modelo de equipo propuesto, no aceptándose la palabra similar.

#### Caño de impulsión:

En caso de adoptarse este tipo de bombas, el caño de impulsión podrá ser de hierro o constituido por el hormigón estructural.

La descripción del caño de impulsión se realizará cuando es  
té definido el proyecto de las centrales para esta variante de e--  
quipamiento.



23

PLANILLAS DE CARACTERISTICAS Y DATOS GARANTIZADOS

Cuerpo de bomba

Marca:

Modelo:

Fabricante:

Tipo:

Velocidad: r.p.m.

Pasaje de sólidos: mm

Características tecnológicas de los materiales:

Tazón:

Cámara intermedia:

Impulsor:

Eje motor:

Campana de aspiración:

Sellos mecánicos:

Material:

Diámetro exterior máx.: m.m.

Peso total del cuerpo armado: Kg.

DATOS DE FUNCIONAMIENTO GARANTIZADOS

- Q = Gasto
- Nb = Potencia absorbida bomba
- Nt = Potencia total en bornes
- H = Altura manométrica total
- $\eta_b$  = Rendimiento bomba
- $\eta_t$  = Rendimiento total en bornes

a) Para el punto de arranque

Q	=	$m^3/s$	Nb =	CV ó Kw	$\eta_b$ =	%
H	=	m	Nt =	CV ó Kw	$\eta_t$ =	%

b) Para el punto de parada

Q	=	$m^3/s$	Nb =	CV ó Kw	$\eta_b$ =	%
H	=	m	Nt =	CV ó Kw	$\eta_t$ =	%

ENSAYO DE LOS EQUIPOS (Válido para variantes I y II)

1) En Origen

Se realizarán en el lugar en que el adjudicatario disponga para los ensayos normales de su línea de fabricación y entregará planillas y curvas certificadas con los valores obtenidos, como mínimo para el rango de funcionamiento de los equipos.

Los ensayos responderán a normas aceptadas internacionalmente, como pueden ser las del Hydraulic Institute Standards de U.S.A.

La inspección podrá presenciar los ensayos y ordenar otros de funcionamiento con distintos estados de carga, como también los correspondientes a la norma del motor eléctrico y la central de comando.

Se podrán requerir ensayos fisico-químicos de los materiales de algunos elementos de los equipos, elegidos al azar.

2) En el emplazamiento

Se realizarán todos los necesarios para verificar el buen funcionamiento de la instalación y la calidad de los trabajos allí realizados, de acuerdo a lo especificado en Bases Generales y las normas y especificaciones establecidas en éste Pliego.

De ser necesario el adjudicatario preverá la provisión de energía para la realización de estos ensayos.

Tolerancias:

A los valores obtenidos en los ensayos se les aplicarán las tolerancias que a continuación se establecen a fin de determinar la aceptación o rechazo de los equipos:

a) Tolerancias de construcción: se admitirá

Tolerancia de caudal  $tq = \pm 2 \%$

Tolerancia de altura  $th = \pm 2 \%$

b) Tolerancias de medición:

Tolerancia de caudal	$e_q = \pm 1\%$
Tolerancia de altura	$e_h = \pm 1\%$
Tolerancia de potencia	$e_w = \pm 0,5\%$

c) Tolerancias totales:

$$T_Q = t_q + e_q = \pm (2\% + 1\%) = \pm 3\%$$

$$T_H = t_h + e_h = \pm (2\% + 1\%) = \pm 3\%$$

d) Tolerancia en el rendimiento:

$$e_\eta = -\sqrt{e_q^2 + e_h^2 + e_w^2} = -\sqrt{1^2 + 1^2 + 0,5^2} = -\sqrt{2,25} = -1,5\%$$

Las curvas Q - H obtenidas con los ensayos deberán cortar o ser tangentes a algún lado de los rectángulos de garantía determinados por los valores de Q y H afectados de las tolerancias. En cuanto a los rendimientos, no podrán ser inferiores a los ofertados menos la tolerancia establecida. Estas condiciones deben ser satisfechas para ambos puntos de funcionamiento de arranque y parada.

TAREA 4 - 3:

Descripción de los motores eléctricos requeridos, especificación de sus características especiales y potencias.

Procedemos con el mismo criterio que para las bombas, estableciendo Especificaciones Técnicas Generales, Características Generales, Planillas de Datos Garantizados, que servirán para la confección del Pliego de Bases y Condiciones.

No se especifican potencias por no estar determinados aún los caudales y alturas de las bombas.

VARIANTE I :Motores de superficieEspecificaciones:

Para las bombas descriptas, los motores eléctricos de accionamiento responderán a las siguientes características constructivas:

Serán verticales de eje macizo, con rotor en corto circuito doble jaula de ardilla, preferentemente para tensión de 3 x 330 v, 50 Hz, ventilación propia, totalmente blindados según normas IP44 con bornera IP55, con aislación clase B, según norma VDE 0530.

Permitirán trabajar con tensiones  $\pm 10\%$  y frecuencia  $\pm 2\%$  de la nominal.

Estarán dimensionados para desarrollar una potencia de 10% por encima de la necesaria por el equipo de bombeo correspondiente en el punto de bombeo de mínima sumersencia, sin que la temperatura de sus arrollamientos se eleve en ningún momento a valores superiores a los establecidos por la norma IPAM 2180 o equivalente, debiéndose ajustar en más en todo lo no explícitamente indicado en -



las presentes cláusulas a la norma IRAM 2008.

Sus partes rotantes estarán equilibradas estática y dinámicamente.

Las carcasas de los motores serán de fundición gris o acero soldado y poseerán los cáncamos necesarios para su izaje perfectamente vertical.

En el interior de los motores habrá una resistencia calefactora para eliminar la humedad durante los largos períodos de parada. Además deberán poseer protectores contra sobre temperatura, -- (termistores), colocados en los devanados del estator, que accionarán sobre los correspondientes relevadores del tablero de comando y control.

De ser aconsejable se proveerán termistores para los rodamientos de los motores, que actuarán en la forma establecida para los rodamientos del cabezal de la bomba.

Todas las normas mencionadas o a mencionar, deben ser consideradas a fin de establecer condiciones mínimas, aceptándose normas reconocidas internacionalmente que sirvan a los mismos fines. Igual concepto en cuanto a la especificación de materiales.

La provisión comprenderá además las cajas terminales de conexiones eléctricas correspondientes a los motores y el cableado de éstos hasta su gabinete.

Todos los equipos deberán presentar una esmerada terminación en su parte exterior y los motores estarán protegidos por dos manos de antióxido y tres manos de esmalte sintético de primera calidad, acorde con lo establecido para motores de ventilación exterior.

Los motores deberán llevar en su carcasa, una placa con indicación de sus características de acuerdo a la norma IRAM 2008 y el cabezal de la bomba llevará otra con las características de ésta de acuerdo a sus datos garantizados.

Se acompañarán folletos explicativos del motor, que permitan apreciar la calidad de sus materiales, así como todos aquellos detalles y elementos de juicio necesarios para una correcta evaluación de los motores cotizados. Deben completarse las planillas de Características y Datos Garantizados. Se indicará solo una marca y modelo de motor, no aceptándose la palabra "similar".

