

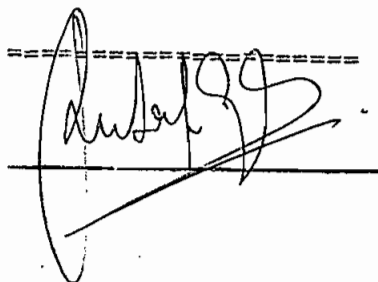
— ESCUELA POLITECNICA —

NACIONAL

TESIS PREVIA A LA OBTENCION
DEL TITULO DE INGENIERO EN
LA ESPECIALIZACION DE ELEC -
TROTECNICA DE LA ESCUELA PO -
LITECNICA NACIONAL _____

De: RINO LANFRANCO G.

TESIS - Estudio y proyecto de una Planta Hidroelectrica para
la población de PINTAG.



QUITO- Año - 1957 -

PLANTA HIDROELECTRICA
DE PINTAG --

+++++

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG.

INDICE
=====

INTRODUCCION.....	pag.... 1 -
CALCULO DE LA POTENCIA DISPONIBLE	pag.... 4 -
CALCULO DE LAS OBRAS DE TOMA	pag.... 5 -
CALCULO DEL DEPOSITO DE SEDIMENTACION	pag.... 8 -
CALCULO DEL MURO CENTRAL PARA EL DEPOSITO DE SEDIMENTACION	pag....11 -
CALCULO DEL AZUD DE DERIVACION.....	pag....17 -
CALCULO ESTATICO DEL AZUD DE DERIVACION	pag....20 -
CALCULO DEL CANAL DE ADUCCION	pag....23 -
TANQUE DE PRESION.....	pag....25 -
CALCULO DEL ALIVIADERO LATERAL PARA EL TANQUE DE PRESION.....	pag....26 -
CALCULO DE LA REJILLA AL FINAL DEL CANAL DE ADUCCION	pag....27 -
CALCULO DE LOS MUROS PARA EL TANQUE DE PRESION	pag....29 -
CALCULO DEL BLOQUE DE ANCLAJE.....	pag....32 -
SELECCION DEL TIPO DE TURBINA.....	pag....34 -
CALCULO DE LA TUBERIA DE PRESION.....	pag....35 -
CALCULO DE LA ALTURA DE ASPIRACION MAXIMA	pag....40 -
CALCULO DE LAS COMPUERTAS	pag....43 -
CASA DE MAQUINAS	pag....45 -
CALCULO ELECTRICO DE LA LINEA DE ALTA TENSION.....	pag....46 -
CALCULO MECANICO DE LA LINEA DE ALTA TENSION	pag....49 -
CALCULO DE LOS POSTES PARA LA LINEA DE ALTA TENSION	pag....51 -
ESTUDIO LINEA TELEFONICA	pag....57 -
SELECCION DE LA MAQUINARIA	pag....58 -
DETALLE DEL SUMINISTRO DE MAQUINARIA Y MATERIALES	pag....66 -
RESUMEN COSTO DE LA MAQUINARIA	pag....70 -
COSTO DE LA MAQUINARIA EN EL SITIO DE LA CENTRAL	pag....71 -
COSTO ESTIMATIVO DE LA OBRA	pag....72 -
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	pag....73 -
BIBLIOGRAFIA.....	pag....74 -

=====
=====
=====
====

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG.

DETALLE DE LOS PLANOS :

- PLANO # 001 Topografía del lugar de la Becatoma.
- PLANO # 002 Desarrollo del Canal y planimetría eje del canal.
- PLANO # 003 Altimetría Terreno del Canal y perfiles transversales.
- PLANO # 004 Topografía Sitio Casa de Maquinas.
- PLANO # 005 Perfil del terreno y Tubería Presión.
- PLANO # 006 Canal y muro.
- PLANO # 007 Casa de maquinas y Tubería de Presión.
- PLANO # 008 Tanque de presión y compuertas.
- PLANO # 009 Plano constructivo de la rejilla fina.
- PLANO # 0010 Desarenador-dique-y obras de toma.

- GRUPO A-5I-I- Conjunto plano de las compuertas.
- PLANO # 1 Detalle eje de las compuertas.
- PLANO # 2 Detalle Volante para las compuertas.
- PLANO # 3 Detalle Cajetin soporte ruliman compuertas.
- PLANO # 5 Detalle plancha de unión
- PLANO # 6 Detalle plancha soporte eje de las compuertas.

Nota- en el Grupo A-5I-I el # 4 representa el Ruliman con sus características, el detalle queda especificado en el mismo plano.

Los demas planos topograficos y constructivos llevan como característica PROYECTO-A-.

R. lanfranco G.

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG

INTRODUCCION : -

Datos Generales

La Parroquia de Pintag está situada a 36 Km. de Quito y se encuentra a una distancia de 20 Km. aproximadamente de la mayor planta Hidroeléctrica que abastece Quito y sus alrededores: Guangopolo.

No obstante su cercanía a la planta principal de suministro de Luz y Fuerza para Quito, por razones que no es del caso examinar en el presente estudio, la Empresa Eléctrica de Quito S.A. aun no ha podido extender el servicio a dicha población, ni tampoco se prevee tal extensión sino hasta aproximadamente el 1963.

Tomando en cuenta el anhelo, muy justo, de los dos mil pobladores de la Parroquia de Pintag, de beneficiarse con las innumerables ventajas que les aportaría el servicio de luz y fuerza, se ha realizado el presente trabajo.

El estudio está encauzado a obtener todos los elementos necesarios para juzgar, desde el punto de vista técnico-económico, la instalación o no instalación de una planta eléctrica movida por energía hidráulica apta para poder satisfacer las necesidades inmediatas y futuras de la Población, hasta, aproximadamente, 1963 año en el cual se prevee estarán en funcionamiento las Plantas Hidroeléctricas de Quito, con las cuales se podría realizar una interconexión.

Por otra parte, es criterio del suscrito, que antes de decidirse en favor de una planta Hidroeléctrica, para ubicarla en un determinado lugar, en el caso presente Pintag, es necesario estudiar previamente y con mucho detenimiento todas las posibilidades hidráulicas de la zona, que de antemano no se pueden juzgar con una sencilla aproximación, para no caer en la realización de una obra costosa, ya que pueden existir, tal vez, otras posibilidades que llenan los requisitos pedidos, con menor costos y más ventajas.

Una vez realizado el estudio del proyecto Hidroeléctrico, se puede comparar con una planta Diesel-eléctrica de la misma capacidad de la Hidráulica estudiada y, de la comparación de los costos, aspectos técnicos, seguridad de funcionamiento, optar por la solución que más se creyere conveniente.

El estudio se basa en los criterios anteriormente expuestos y contempla los elementos necesarios para llegar a determinar los datos del proyecto, hasta la eventual instalación de la Planta Hidroeléctrica en vista de las posibilidades del aprovechamiento de energía hídrica de la zona considerada; pero, como ya se ha indicado, estudia un solo sector, el cual, después de exploraciones y reconocimientos previos, se ha considerado como el más apropiado en vista de:

- 1-Facilidad de la derivación de agua, que se tomaría del Río Guapal cuyo caudal se puede calcular en 1500 litros/seg.
- 2-Sitio favorable para el lugar de la Bocatoma, y tanque de Presión.
- 3-Facilidad de construcción del Canal
- 4-Eventual aprovechamiento de una construcción existente que había servido para un antiguo molino de piedras, ya que la misma pudiera ser utilizada en parte como casa de Maquinas para la Planta Hidroeléctrica en estudio.
- 5-Facilidad de acceso a la construcción existente, por cuanto está construida una carretera hasta pocos metros de la misma.
- 6-Altura de caída de unos 10 metros, la cual, en consideración del caudal del Río Guapal de 1500 l/seg. pudiera ser suficiente para obtener la potencia necesaria para una planta Hidroeléctrica suficiente a cubrir las necesidades de la población de Pintag.

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG

INTRODUCCION

Datos Generales

Como se ha mencionado anteriormente, la Parroquia de Pintag cuenta con dos mil habitantes.

— Al efectuar un calculo de consumo de energia electrica por cada persona, el mismo resultaria un tanto dudoso e impreciso, por cuanto, debido a factores que están fuera del alcance del presente estudio, la mayor parte de las familias ocupará un foco de 25 W. o al maximo de 50 W. por cada una.

Sin embargo cabe manifestar que con el servicio de luz y fuerza, tomarian bastante desarrollo las pequenas industria como las de carpinteria, pequeños molinos de granos, mecánicas, industrias caseras; ademas las haciendas cercanas pudieran mejorar sus servicios con el empleo de energia electrica y estimo será propio en las mismas donde habrá mayor demanda de luz y fuerza.

Con estas consideraciones he fijado:— 30 KW. para iluminación, alumbrado público y servicio domestico. 70 KW. para uso industrial; por lo tanto con 100 KW. de potencia que — darían cubiertas las necesidades inmediatas y futuras de Pintag hasta aproximadamente el año 1963, ya que considero absorbida esta cantidad de energia en un periodo de tres a cuatro años y se conserve estable el consumo por otro periodo igual. Los 30 KW. que se destinan para iluminación, alumbrado público y servicio domestico, pudieran ser utilizados también para uso industrial durante las horas del dia, ademas de los 70 KW. reservados para tal objeto, reglamentando las industrias durante el día y ocupando la fuerza eléctrica para iluminación durante la noche.

El proyecto que donominaré: "Planta hidroelectrica Pintag-Rio Guapal" tiene como finalidad el de obtener una capacidad de 100 KW. como solución para Pintag, hasta el año 1963.

Las aguas se derivarán del Rio Guapal en el punto de unión con la Quebrada del Carmen y el sitio de los estudios es el indicado en la hoja # 58 del Mapa Topográfico del Ecuador, que se adjunta.

El Estudio comprenderá los siguientes capitulos generales:—

- Descripción de las condiciones geologicas del sitio a estudiarse.
- Descripción de la Cuenca de drenaje y del Rio Guapal.
- Resultado de los levantamientos topográficos del terreno. (planos adjuntos).
- Calculo y diseño de las obras de toma.
- Calculo, diseño y verificación del dique.
- Calculo y diseño del canal.
- Calculo y diseño del tanque de presión.
- Calculo y diseño de la casa de maquinas.
- Calculo del tipo de turbina a emplearse en función del número de revoluciones específico y de la potencia disponible que se pudiera obtener.
- Calculo de la tubería de presión y bloque de anclaje.
- Calculo de las compuertas y diseño de las mismas con sus detalles.
- Calculo de la línea de transmisión de alta tensión.
- Explicación de los criterios tomados como base para seleccionar la maquinaria, tanto hidraulica que electrica.
- Calculo del costo de la maquinaria puesta en el sitio de utilización.
- Calculo del costo de la obra con maquinaria instalada.
- Conclusiones y recomendaciones.

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG.

INTRODUCCION:-

Condiciones geologicas de la Cuenca de drenaje del Rio Guapal.

La zona que constituye la hoya de drenaje del Rio Guapal está formada por rocas nuevas de origen volcánico, especialmente cenizas depositadas en mantos de espesor rlevantes, llamadas cangaguas con diferentes grados de consolidación y decomposición.

Las rocas igneas, como granito y basalto, se encuentran bastante profundas y afloran unicamente en los cortes o fallas muy profundas.

En general se pueden notar las cuencas planas de los antiguos glaciares.

En el fondo de tales cuencas glaciares se hallan actualmente corriendo pequeños riachuelos que han abierto su cauce más o menos profundo.

Area de drenaje del Rio Guapal

El área de drenaje está constituida por la cuenca del Rio Guapal y por su principal afluente, la quebrada del Carmen.

El rio Guapal nace del sitio denominado " El Volcan".

Sus fuentes son de origen subteraneo, derivando probablemente por filtraciones de las denominadas LAGUNAS SECAS.

El caudal del Rio Guapal se halla aumentado por las precipitaciones atmosfericas que se pueden estimar en un promedio de 650 mm. anuales de lluvia (datos tomados de la estación de observación metereológica mas cercana: Tumbaco), y por otros pequeños riachuelos afluentes, sin nombre.

La longitud del Rio Guapal, hasta su desemboque en el Rio Pita, es de Km. 6 aproximadamente y su area de drenaje de 12 km² aproximados.

El Rio, en todo su recorrido, atravieza zonas en las cuales la temperatura nunca baja de 0 grados C.y, por tanto, no existe el problema del hielo.

La Quebrada del Carmen arrastra pequeños porcentajes de cantos rodados y arena cuarzosas.

En epocas lluviosas, el Rio Guapal, acarrea algunas cantidades de desechos vegetales. Practicamente no hay peligro de aluviones.

Descripción del Rio del Rio Guapal

Ademas de lo expuesto anteriormente sobre el área de drenaje del Rio G., cabe mencionar que, en el punto de unión con la Quebrada del Carmen, el caudal del Rio medido en los periodos de maximo estiaje es de 1500 litros/seg.

El Rio Guapal abastece tambien a tres asequias, cuyas tomas se encuentran aguas arriba de la unión con la Quebrada del Carmen.

La cantidad de agua de las mencionadas asequias de irrigación, derivada del Rio Guapal, es en su totalidad de unos 1200 litros/seg.

La cantidad de agua medida en el punto de unión con la Quebrada del Carmen, segun datos informativos tomados, no rebaja nunca de la cantidad de 1500 litros/seg. pero no existen datos que el Rio Guapal haya sido aforado por el tiempo suficiente a establecer con exactitud su caudal normal.

=====

- 4 -

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG.

CALCULO DE LA POTENCIA DISPONIBLE.

Los estudios realizados en el terreno de ubicación de la central hidroeléctrica para la población de Pintag, determinaron una caída disponible de 10,25 metros. (Plano 005).

De otra parte, podemos notar, observando la hoja # 56 del mapa topográfico del Ecuador, que el Río Guapal tiene desde su origen (a la elevación de 3100 metros) hasta su desembocadura en el Río Pita (a 2800 metros) un desnivel de 300 m. que, para un recorrido de 6000 m. del Río, se obtiene una gradiente del 5% = 0,05.

El mismo resultado lo podemos encontrar en el tramo del Río comprendido entre la cota: 18+50 del lugar de la Bocatoma y la cota: -6+62 del Río, en el sitio de la casa de Maquinas, por una longitud de 250 metros aproximadamente. (Planos # 001-002-004)

Derivando del Río Guapal un caudal $Q = 1,5 \text{ m}^3/\text{seg.}$ y, considerando un rendimiento de la instalación = 0.75 para tomar en cuenta las pérdidas totales de la misma, la potencia a obtenerse N_u será.

$$N_u = 0,75 N_d \quad (N_d = \text{Potencia disponible})$$

$$N_u = 0,75 \times \frac{1000 \times 1,5 \times 10,25}{75} = 153,75 \text{ HP.} \approx 154 \text{ HP.}$$

Sobre este dato de potencia, se basan los cálculos que se detallarán a continuación.

R. Lanfranco G.

PLANTA HIDROELÉCTRICA DE PINTAG

CALCULO DE LAS OBRAS DE TOMA

La captación del agua se hará por un vertedero de admisión inferior, defendido por rejillas gruesas que tienen como función el impedir el paso de materiales que acarrea el Rio y que se depositarían a lo largo de las obras complementarias y del canal con graves perjuicios para el mantenimiento de la obra.

El Bocal del vertedero no lleva compuertas.

El agua vierte libremente a una antecámara de toma y, mediante un sistema de cuatro compuertas pasa a los desarenadores y al canal de aducción.

— La cámara, al mismo tiempo que sirve para almacenar el agua necesaria, tiene como función de permitir la sedimentación de materiales y arena gruesa que hubieran pasado por la rejilla; dichos materiales podrán evacuarse al Rio mediante una compuerta de fondo.

Para asegurar que en el canal llegue el caudal de agua deseado es necesario que el nivel de las aguas en el Rio esté más elevado que el de la cámara de regulación, en una altura suficiente para producir entre las rejas de los vanos del regulador, la velocidad necesaria para el paso del caudal requerido.

La poca altura de caída del proyecto en estudio, debería limitar al mínimo la pérdida de carga en el regulador, pero en el presente caso esto no tiene mayor importancia, por cuanto el canal, para aprovechar de la mesa ya construida, se deberá ubicarlo a una altura obligada.

La velocidad de entrada del agua por los vanos del vertedero puede ser comprendida entre 0,8 y 1,2 metros por segundo; en este caso será la existente entre las pletinas que forman la reja de protección, la cual establecemos en 0,8 m/seg.

En la hipótesis que las rejillas, en los periodos de creciente del Rio, vengán sometidas a fuertes impactos por las piedras arrastradas, considero las mismas de perfil rectangular de 80 mm. de espesor; como resultaría muy costoso el empleo de la sección rectangular antes especificada, opto por el empleo de secciones en forma de doble T las cuales se pueden encontrar en el mercado.

El perfil empleado será el # 18 de 82 mm. por 180 mm. por el cual considero el mismo coeficiente de contracción empleado por las rejillas de secciones rectangulares. La distancia entre barrotes será de 0,10 m.

La altura del orificio que se establece es de 1,00 metros y la longitud mojada de las pletinas que se considera es de 0,80 metros.

La sección del orificio de toma será rectangular, la misma que con los datos antes expuestos se puede calcular con la fórmula:

$$S = \frac{Q}{C \times V} = \frac{1,5}{0,6 \times 0,8} = 3,1 \text{ m}^2.$$

S= sección libre las rejillas.

Q= caudal a derivarse que pasa por las rejas en m³/seg.

C= coeficiente de contracción = 0,6

V= velocidad considerada en la reja.

El número de rejillas que componen en su totalidad la reja lo calculamos con la fórmula :

$$n = \frac{S}{l \times b} = \frac{3,1}{0,8 \times 0,10} = 38$$

n= número de rejillas

l= longitud mojada = 0,8 m.

b= espacio libre entre rejillas = 0,10 m.

S= sección libre entre las rejillas.

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG

La longitud de base de la toma será igual al número de las rejillas que multiplica el espesor de las mismas + la luz entre reja y reja.

$$L = 38 (0,082 + 0,10) = 6,916 \approx 7,00 \text{ m.}$$

La base del orificio será constituida por dos tramos de 3,50m.cada uno, separados por una columna de 0,40 m.de espesor en el centro, conforme se puede ver en el plano # 0010 que se adjunta. (19 rejillas por cada tramo) L total = 7,00 + 0,40 = 7,40

La sección bruta de los dos orificios, tomando en cuenta la longitud mojada de las rejillas: =

	$7 \times 0,8 \dots\dots\dots$	$= 5,60 \text{ m}^2.$
Sección de las rejillas:	$38(0,082 \times 0,8)\dots$	$\approx 2,50 \text{ "}$
Sección neta	$\dots\dots\dots$	$\frac{3,10 \text{ m}^2.}{\text{-----}}$

Calculo de la perdida de carga en el orificio sin considerar la perdida correspondiente en las rejillas. (h.)

Habiendo establecido la velocidad $V = 0,8 \text{ m/seg.}$ de la formula:

$$V = \sqrt{2 g h} \times C \quad \text{en la cual:}$$

- C = coeficiente de contracción = 0,6
- g = aceleración de gravedad = 9,81 m./seg.².

se obtiene:

$$h = \frac{V^2}{C^2 \times 2 g} = \frac{0,8^2}{0,6^2 \times 19,62} = 0,091 \approx 0,10 \text{ m.}$$

El umbral (borde inferior) de los dos vanos de entrada de la toma, para evitar la entrada del agua cargada de arrastres solidos que transportan las capas de aguas inferiores, queda ubicado a una altura de metros 0,45 sobre el fondo del Rio; altura ésta compatible por la limitada elevación del dique.

Si se establece para la cámara de toma una Sección de 3,7 m², como dato de proyecto, se obtiene en el interior de la misma una velocidad $V =$:

$$V = Q/S = 1,5 / 3,7 \approx 0,4 \text{ m/seg.}$$

Esta velocidad no permite que el agua pueda arrastrar las gravas las cuales se depositarán en el fondo de la cámara, quedando en suspensión unicamente las arenas gruesas y finas.

Tomando en cuenta la cuota del fondo de la cámara de toma: m. 0+18,30, conforme indica el plano adjunto, y las demas medidas obtenemos:

Altura del agua en el bocal de toma	$= 0+18,45 + 0,45 + 0,80 = 19,70 -$
Perdida de carga en el orificio	$\dots\dots\dots = 0,10$

	$= 19,60$

$$\text{Altura del agua en la cámara de toma} = 19,60 - 18,30 = 1,30 \text{ m.}$$

R. Lanfranco C.

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG.

1,30 es la altura media del agua, por cuanto el fondo de la cámara de toma tiene una pendiente de 1 a 12; a decir en 7,40 m. de longitud de la cámara de toma tendremos un desnivel de m.0,6 aprox. Las cuotas serán;

- 0+18 en el sitio de ubicación de la compuerta de fondo. (extremo aguas abajo)
- 0+18,30 en el centro
- 0+18,60 en la parte más alta.

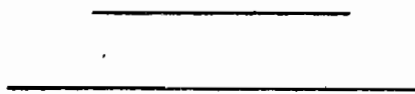
Como se puede apreciar en el Plano # 0010 la cámara lleva un zampado el cual hay que tomar en cuenta para establecer las dimensiones de la misma.

Estableciendo el ancho de base de la cámara en 3 metros y considerandola como rectangular tendremos: sección S. = 1,30 X 3 = 3,90 Metros².
 (0,6m. = altura Sección S. zampado = 0,6x0,65/2 = 0,195 " "
 promedio) Sección de la Cámara = 3,705 ≈ 3,70m.². conforme se habia establecido de antemano.

Las dimensiones de la cámara de toma serán por lo tanto:

- Largo metros 7,40
- Ancho " 3,00
- Altura del agua promedio metros 1,30
- Sección 3,70 m² (Tomando en cuenta unicamente la altura promediá de agua)
- Velocidad 0,4 m/seg.
- Para un caudal Q=1,5 m³/seg.

En el plano antes especificado, están indicadas las medidas constructivas para esta parte de la obra y los detalles respectivos. Cabe indicar que tanto los muros de la toma, como los de la cámara de captación del agua son diseñados con suficiente altura, lo cual ofrece un buen margen de seguridad contra las posibles crecientes del Rio.



R. Lanfranco G.

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG.

DEPOSITO DE SEDIMENTACION

El objeto del deposito de sedimentación, o desarenador, es permitir la sedimentación del material sólido que pudiera ser arrastrado por el canal de aducción y llegar a la turbina, lo cual iría en contra del rendimiento y duración de la misma.

Para que las aguas corran en el canal lo más limpias y eviten sedimentarse las partículas sólidas con el inconveniente de disminuir su sección, es necesario que el deposito esté, en los límites de las posibilidades, lo más cerca posible a las obras de toma.

Con el fin de desarenar sin interrumpir el servicio de la planta establezco, como proyecto, la construcción de dos depositos de sedimentación con capacidad para poder funcionar independientemente, o sea desarenar el uno mientras el otro funciona o viceversa.

Ambos desarenadores reciben el agua de la cámara de toma por intermedio de dos compuertas cada uno, despues que en dicha cámara ya se ha sedimentado la grava que hubiera pasado por la rejilla del bocal.

Los depositos de sedimentación con sus detalles constructivos, están diseñados en el plano # 0010 que se adjunta.

Para turbinas del tipo Francis, las normas fijan en 0,4 a 1,00 mm. el diámetro máximo admisible de las composiciones granulométricas de los materiales sólidos que pueden entrar en las mismas sin inconvenientes.

En el proyecto en estudio se empleará una turbina del tipo Francis y adopto 0,4 mm. el diámetro mínimo de las partículas a sedimentarse.

Cabe no ostante aclarar que no existen estudios que determinen las calidades y cantidades de los materiales que las aguas llevan en suspensión, ni la cantidad de material sólido transportado en un tiempo determinado y la composición granulométrica de los mismos, que nos daría los tamaños que predominan para establecer con precisión las partículas que deben separarse.

Para el calculo considero un desarenador con sección transversal igual a seis veces la sección calculada por el canal de aducción

Como la sección del canal será de 1,68 m². la sección S. del desarenador es:

$$S = 1,68 \times 6 = 10,08 \approx 10,00 \text{ m}^2.$$

Para un gasto de 1,5 m³/seg.

La velocidad V. será:

$$V = Q/S = 1,5/10 = 0,15 \text{ m/seg.}$$

La velocidad de sedimentación de un grano de arena con un diámetro = 0,4 mm. es, de acuerdo al ábaco citado por José Luis Gomez Navarro y José Juan Aracil en la obra "Saltos de Agua y Presas de Embalses", = 5,00 cm/seg.

Cuando el agua en el desarenador está en movimiento existe una velocidad, debida a la turbulencia, que tiende a retrazar el descenso de la partícula y afecta la velocidad de sedimentación de la arena.

Esta velocidad se puede calcular con la fórmula:

$$W = \frac{V}{5,7 + 2,3 \times hm.}$$

hm. = altura media del agua en el tanque de sedimentación, la cual establecemos en 2,00 metros.

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG.

DEPOSITO DE SEDIMENTACION.

Remplazando valores en la formula tendremos:

$$W = \frac{0,15}{5,7+2,3 \times 2} = \frac{0,15}{10,3} = 0,0146 \text{ m/seg.}$$

La longitud del desarenador, para que una partícula situada en la superficie a la entrada, tenga tiempo de descender hasta el fondo, se puede calcular con la formula:

$$l = \frac{h_m \times V}{u - W} = \frac{2 \times 0,15}{0,05 - 0,0146} = 8,47 \text{ m.} \quad (u = \text{velocidad sedim. un grano de arena de } 0,4 \text{ mm. de diámetro})$$

Con los datos obtenidos el volumen del deposito de sedimentación será :

$$\text{Volumen} = S \times l = 10,00 \times 8,47 = 84,7 \text{ m}^3.$$

Por cuanto el volumen encontrado es demasiado bajo, aumento la longitud del desarenador a 25 metros, medida máxima permitida por la topografía del sitio de la boca-toma, ya que resultaría inconveniente modificar las medidas de la sección.

Con 25 m. de longitud, el volumen del deposito de sedimentación será:

$$\text{Volumen} = 10 \times 25 = 250 \text{ m}^3.$$

El agua para recorrer la longitud total del desarenador empleará el tiempo de:

$$t = l/V = 25/0,15 = 166 \text{ seg.}$$

Tiempo durante el cual se mantiene constante la velocidad de 0,15 m/seg. y habrá lugar la sedimentación de las partículas de arena.

De acuerdo a los datos encontrados el deposito de sedimentación tendrá las siguientes dimensiones:

Sección transversal trapezoidal de 10,00 m². (base menor = 4,80 m. y, considerando un talud de 1 a 10 tendremos la base mayor de 5,20 m. en correspondencia a la altura de 2,00 m. que nos hemos fijado.)

Longitud 25,00 m.

Velocidad 0,15 m/seg.

Díametro mínimo de las partículas a sedimentarse 0,4 mm.

Velocidad de sedimentación para una partícula de diámetro 0,4 m = 0,05 m/seg.

Volumen del deposito 250 m³.

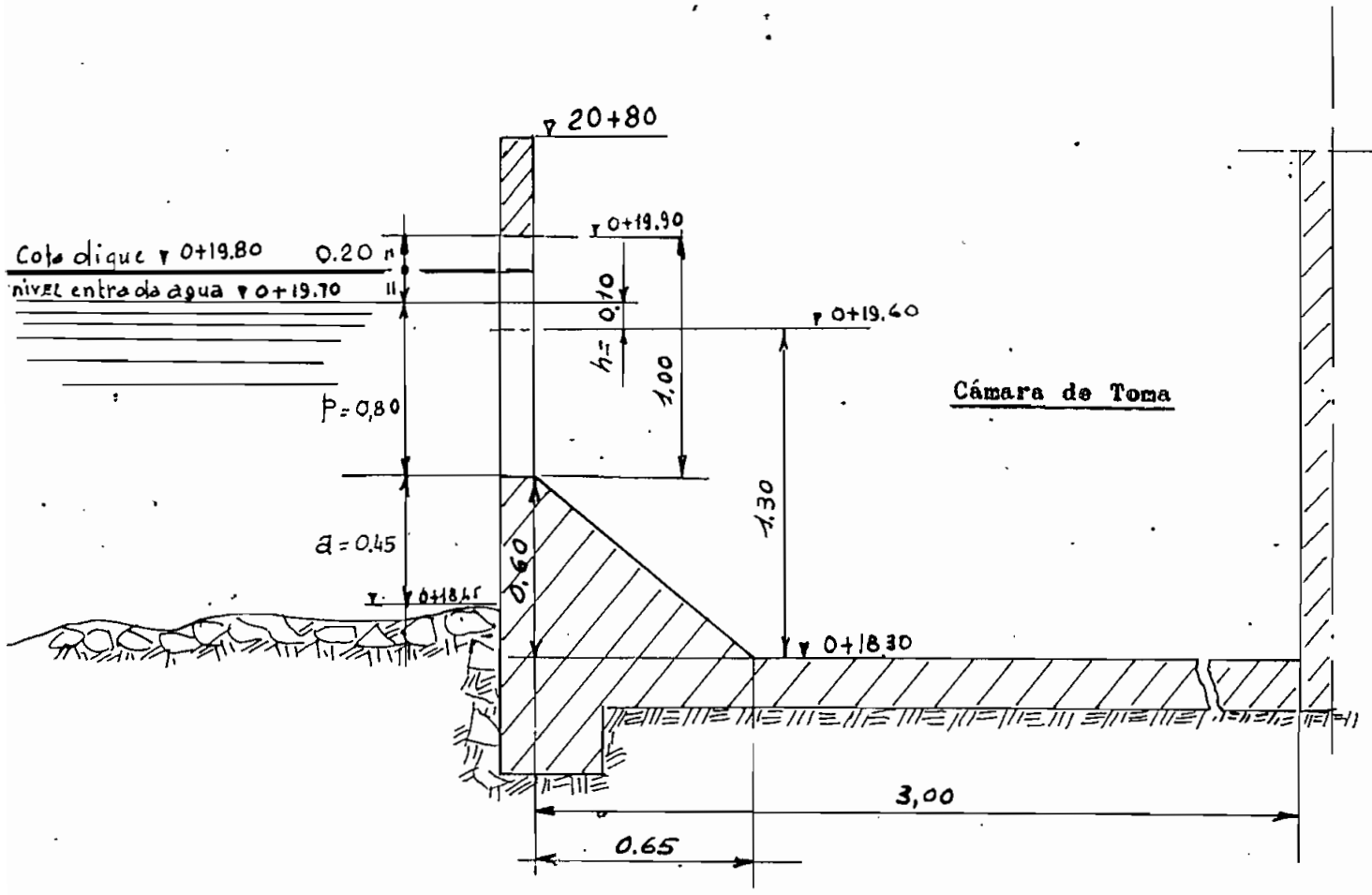
Tiempo empleado por el agua a recorrer la longitud del deposito 166 seg.

Considero el tiempo de 166 seg. suficiente para que una partícula de arena de las medidas establecida pueda sedimentarse en una longitud de 25 m. Sin embargo algunos autores, entre los cuales Du Buat, suponen un tiempo de 360 seg. lo cual, en el presente caso, con una velocidad de 0,15 m/seg. daría una longitud del deposito de sedimentación igual a 54,00 m. y como capacidad útil para el movimiento del agua un volumen de 360 x 0,7 m³. (360 seg. para velocidad sedim. de la arena fina = 0,16 m/seg.)

Una de las razones fundamentales que me hace aceptar los datos encontrados como definitivos, respecto a lo expuesto en el párrafo anterior, es que el agua llega al deposito de sedimentación habiendo subido un primer choque contra las rejillas del bocal y una sedimentación previa en la cámara de toma, lo cual va en favor al menor tiempo para la sedimentación de las partículas de arena en el desarenador.

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG.

Esquema Toma de Agua.



Medidas en metros-
Sin escala.

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG.

CALCULO DEL MURO CENTRAL DEL DEPOSITO DE SEDIMENTACION PARA LA SEPARACION DEL AGUA EN EL DESARENADOR DOBLE.

El muro, objeto del calculo, debe resistir al empuje del agua en el caso más desfavorable de funcionar un solo desarenador siendo vacío el otro.

Debido a la gradiente del fondo del deposito, tomamos como altura para el muro la que se registra en correspondencia de la compuerta de limpia que es la máxima y realizaremos los calculos con la hipótesis que el agua llegue a la coronación del mismo, lo cual siempre es prudente suponer.

El muro lo construiremos con mamposteria para la cual el peso especifico es 2200Kg. por m3.

Nos imponemos:

Espesor del muro en la coronación- a = 1,10 m. ; en la base-b = 1,60 m.

Talud- 1 : 10 (forma trapezoidal) ; α = 84°20'

Altura del muro m.2,50 (dato fijo)

Peso especifico del material empleado-d = 2200 Kg/m3. (dato fijo)

Con los datos enunciados vamos a verificar si el muro reúne las condiciones necesarias de estabilidad para contrarrestar el empuje del agua.

Peso del muro referido a 1 m. de longitud del mismo:

$$P = \frac{1,10 + 1,60}{2} \times 2,50 \times 2.200 = 7.414 \text{ kg.}$$

Empuje del agua:

$$E = \frac{500 h^2}{\text{sen}.\alpha} = \frac{500 \times 2,5^2}{0.99511} = 3.150 \text{ kg.} = 3.200 \text{ Kg.}$$

Con los datos obtenidos pasamos a calcular el muro, empleando el procedimiento grafico ilustrado en la hoja que sigue:

Se han tomado a escala los esfuerzos P. y E. sobre las direcciones en que se hallan localizados y se determina la resultante R. que corta a la base en un punto que dista 0,55 m. del punto B..

Esta resultante R. tiene una componente vertical-V- que vale 7.750 Kg. y una horizontal-H- = 3.150 Kg.

Comprobación de las fatigas:

La resultante R. corta la base dentro del tercio central, es decir del núcleo, y por lo tanto la comprobación de las fatigas que sufre el terreno la efectuamos calculando las fatigas máximas producidas en la sección inferior a causa del régimen de compresión y flexión que sufre el muro.

Considerando un metro de longitud del muro aplicamos la siguiente fórmula:

$$s = \left(\frac{V}{b} \left(1 \pm \frac{6 e}{b} \right) \right) \text{ en la cual:}$$

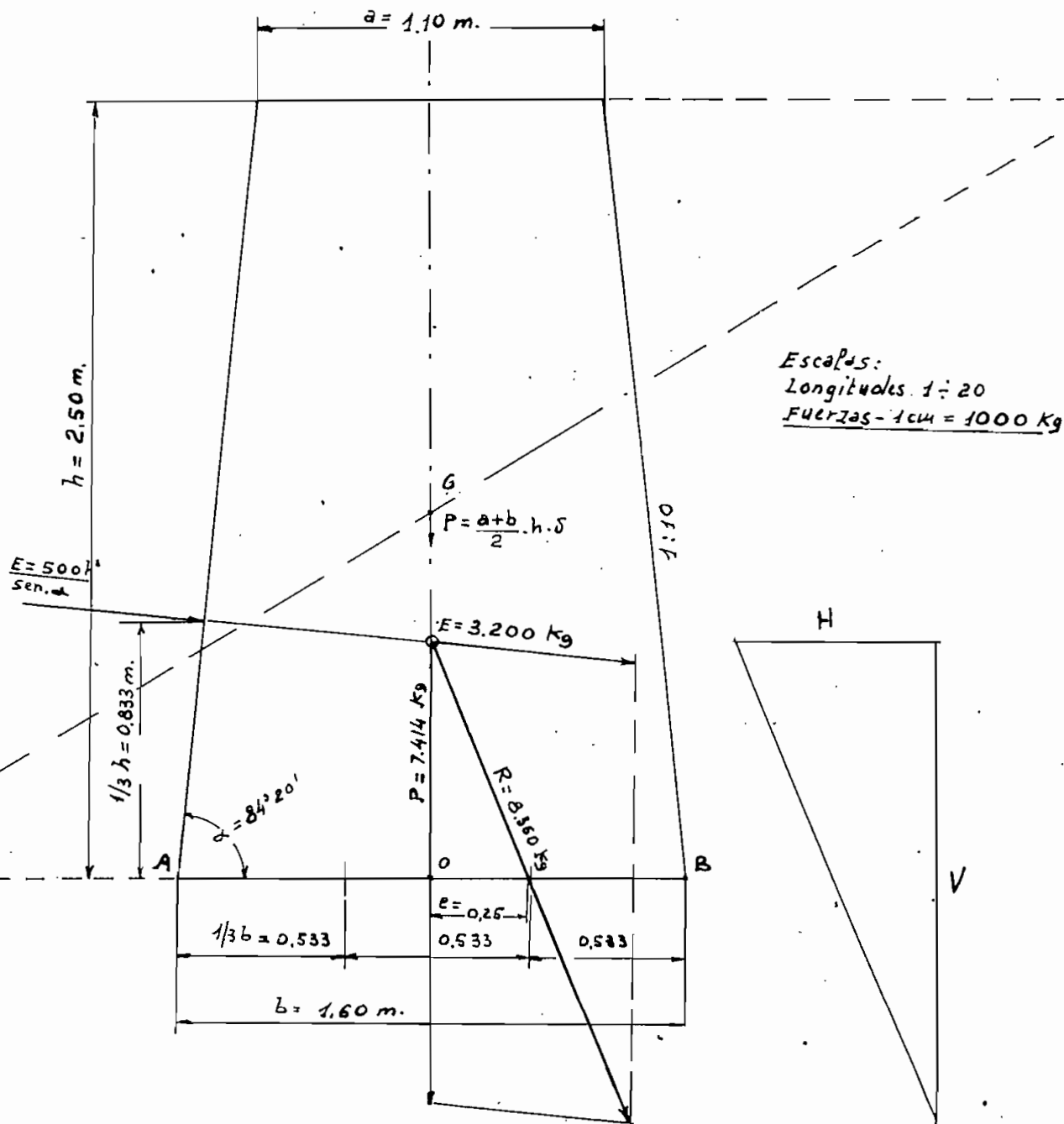
e- representa la excentricidad de-V- respecto al eje que pasa por el centro de gravedad.

Reemplazando valores obtenemos:

$$s = \frac{7.750}{160 \times 100} \left(1 + \frac{6 \times 25}{160} \right) = 0,945 \text{ Kg/cm}^2$$

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG.

CALCULO GRAFICO DEL MURO CENTRAL DEL DEPOSITO DE SEDIMENTACION PARA LA SEPARACION DEL AGUA EN EL DESARENADOR DOBLE.



Componente Vertical de R:
 $V = 7750 \text{ Kg.}$
 Componente horizontal de R:
 $H = 3150 \text{ Kg.}$

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG.

CALCULO DEL MURO CENTRAL DEL DEPOSITO DE SEDIMENTACION PARA LA SEPARACION DEL AGUA EN EL DESARENADOR DOBLE.

$$s' = \frac{7.750}{16.000} \left(1 - \frac{6 \times 25}{160} \right) = 0,00343 \text{ Kg/cm}^2.$$

Fatigas en el muro:

Para la comprobación de las fatigas de flexión en las diversas secciones, utilizaremos la formula:

$$s = \frac{V}{S} \pm \frac{M'}{W} \text{ en la cual:}$$

- V = componente vertical de la resultante que actúa sobre la sección considerada.
- S = sección del Muro (en este caso de sección rectangular de la base, la formula coincide con la anterior utilizada para el calculo de las fatigas del terreno)
- M' = Momento V-e.
- W = Modulo resistente.

Sección -S- del muro; $S = 160 \times 100 = 16.000 \text{ cm}^2.$ (ancho por un metro de profundidad.)

Modulo Resistente-W-; $W = \frac{1}{6} 100 \times 160^2 = 426.666 \text{ cm}^3.$

Remplazando valores obtenemos ;

Fatiga maxima-s-;

$$s = \frac{7.750}{16.000} + \frac{7.750 \times 25}{426.666} = 0,945 \text{ Kg/cm}^2. \text{ como ya se había encontrado anteriormente.}$$

Comprobación de la estabilidad al volcamiento:

Llamando Mv= momento de las fuerzas verticales (Momento estabilizante)
Mh= momento de las fuerzas horizontales (Momento de vuelco)

debe ser; coeficiente de estabilidad -v- : $v = Mv/Mh$ no inferior a 1,5

Momento de las fuerzas verticales respecto al punto B.:

$$Mv = 7.414 \times 0,80 = 5.931,2 \text{ Kgm. (Peso del muro x distancia 0-B dibujo adjunto)}$$

$$Mh = 3.200 \times 0,833 = 2.665,6 \text{ kgm. (Empuje del agua x la distancia de su punto de aplicación; tomo el brazo de palanca 0,833, caso más desfavorable.)}$$

$$v = \frac{Mv}{Mh} = \frac{5.931,2}{2.665,6} = 2,22$$

Comprobación de la estabilidad al deslizamiento:

Para la comprobación aplicamos la formula;

$$v' = \frac{V \times f}{H} \text{ en la cual: } f = \text{coeficiente de rozamiento entre muro y el terreno} = 0,60.$$

v' no debe ser inferior a 1,5.

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG.

CALCULO DEL MURO CENTRAL DEL DEPOSITO DE SEDIMENTACION PARA LA SEPARACION DEL AGUA EN EL DESARENADOR DOBLE.

Remplazando valores se obtiene:

$$v' = \frac{7.750 \times 0,6}{3.150} \approx 1,5$$

Comprobación de la estabilidad transversal al esfuerzo cortante

Se debe verificar la condición : $f \times V = n \times H$. en la cual:

f = coeficiente de frotamiento del mortero sobre el material que constituye la obra de fabrica. = 0,7

n = 1,5 a 2 (para tener la debida seguridad) Tomamos 1,7

$$\begin{aligned} 0,7 \times 7.750 &= 1,7 \times 3.150 \\ 5.285 &= \sim 5.305 \end{aligned}$$

Lo cual indica que el coeficiente considerado puede aun ser disminuido hasta 1,5 quedando siempre un buen margen de seguridad contra el esfuerzo cortante.

Los datos del calculo indican que son admisibles desde todos los puntos de vista las dimensiones dadas al muro en estudio.

Estas dimensiones que hemos considerado para asegurar la estabilidad, determinan sin embargo, fatigas maximas de compresión - s - muy bajas.

----- Para llegar aproximadamente a la fatiga maxima admisible para el terreno de 2 Kg./cm². volvemos a recalcular el muro con el mismo procedimiento grafico pero variando las dimensiones, a decir :

Espesor en la coronación m. 0,80

Talud 1 : 10

Espesor en la base m. 1,30

Calculamos, de acuerdo a los datos encontrados en el dibujo # 2 adjunto:-

1- Fatiga maxima del terreno (de acuerdo a la formula:)

$$s = \frac{2V}{3d \times 100} = \frac{2 \times 6.200}{3 \times 25 \times 100} \approx 1,7 \text{ kg/cm}^2 < 2$$

2- Esfuerzo de tracción que ocasiona en el muro la eccentricidad de la resultante:

$$s' = \frac{V}{b \times 100} \left(1 - \frac{6e}{b} \right) \approx -0,42 \text{ Kg/cm}^2$$

3- Comprobación de la estabilidad al volcamiento:

$$v = \frac{Mv}{Mh} = \frac{6.200 \times 0,65}{3.150 \times 0,78} \approx 1,64 > 1,5$$

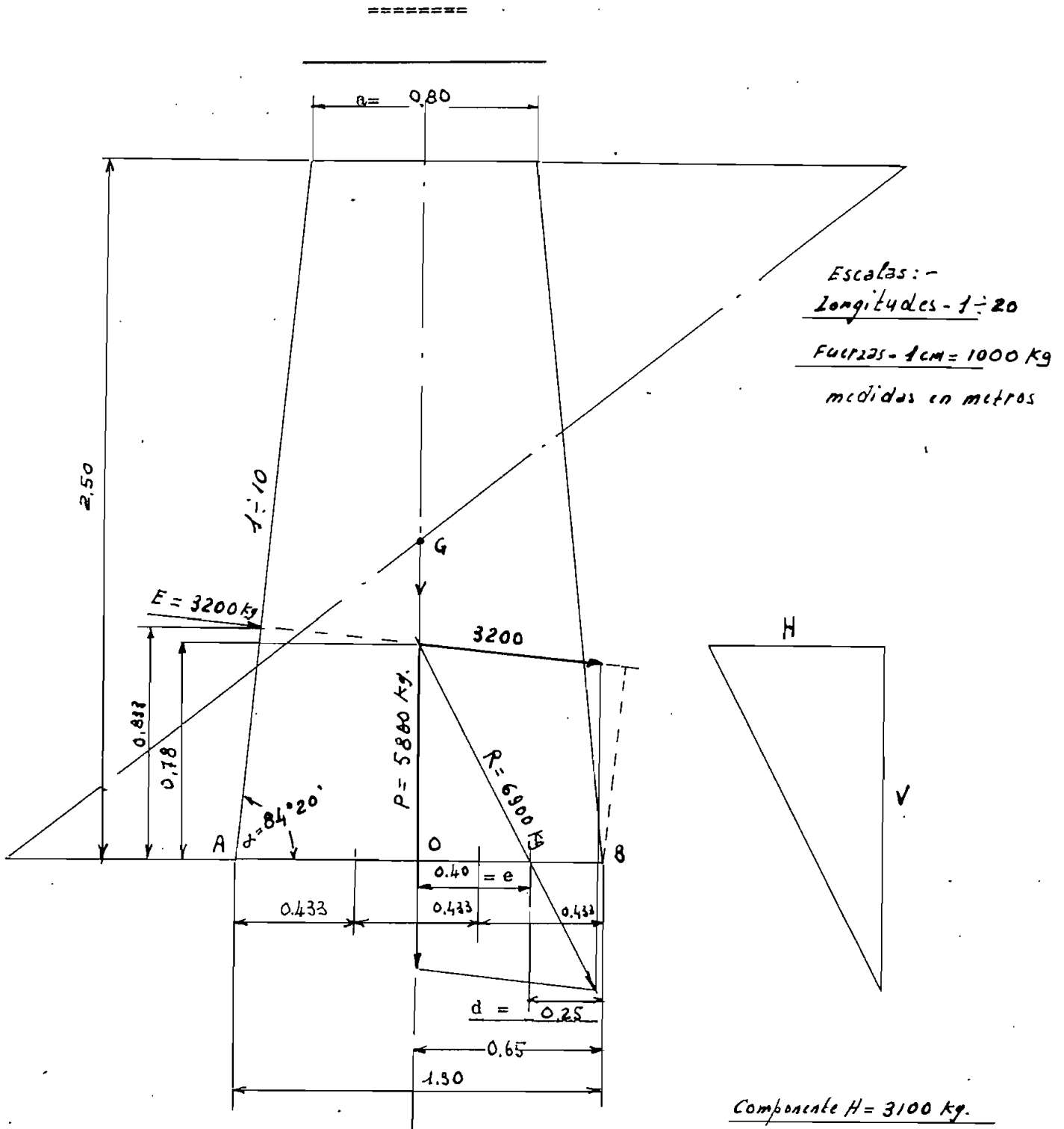
4- Comprobación de la estabilidad al deslizamiento:

$$v' = \frac{V f}{H} = \frac{6.200 \times 0,6}{3.150} \approx 1,18 < 1,5$$

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG

CALCULO GRAFICO DEL MURO CENTRAL DEL DEPOSITO DE SEDIMENTACION PARA LA SEPARACION DEL AGUA EN EL DESARENADOR DOBLE.

Dibujo # 2



Escalas :-
Longitudes - 1:20
Fuerzas - 1cm = 1000 Kg
 medidas en metros

$$P = \frac{0,80 + 1,30}{2} \times 2,5 \times 2.200 = 5800 \text{ kg.}$$

$$E = \frac{500 h^2}{\text{sen. } \alpha} = 3.200 \text{ kg.}$$

Componente H = 3100 kg.
Componente V = 6200 kg.

Rino Lanfranco G.

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG.

CALCULO DEL MURO CENTRAL DEL DEPOSITO DE SEDIMENTACION PARA LA SEPARACION DEL AGUA EN EL DESARENADOR DOBLE.

6- Se ha encontrado que el muro debe soportar un esfuerzo de tensión = 0,42 Kg/cm².
— Con buenos morteros y despues de un conveniente fraguado, se puede considerar para los mismos una carga de rotura a la tensión equivalente a 10-12 Kg/cm². Asumiendo como factor de seguridad 1/10 de la carga de rotura y limitandonos a la mitad de este para asegurarnos contra tota causa que eccecionalmente pudiera disminuir o retardar el fraguado, un coeficiente de 0,5 Kg/cm². es más que seguro.

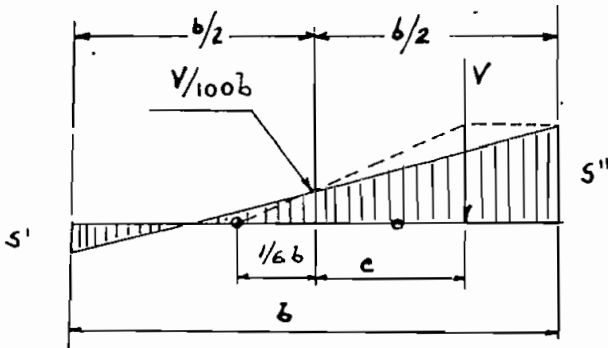
$$0,42 < 0,5$$

Los resultados del calculo para este muro indican que las medidas adoptadas son suficientes para garantizar la estabilidad del mismo ya què el coeficiente encontrado para la estabilidad al deslizamiento es unicamente 0,32 Kg/cm². inferior al coeficiente consentido y en la sección peligrosa del plano de fundación, para mayor seguridad contra el deslizamiento, se puede unir el material mediante hierros empotrados.

En vista de lo expuesto, tomamos los resultados del calculo como definitivos. Se indica también que el muro a construirse llevará una fundación de m.0,25 de profundidad y la presión que el muro, con la fundación inclusive ejerce sobre el terreno es del todo insignificante.

REPRESENTACION GRAFICA DE LOS ESFUERZOS DE COMPRESION Y TRACION EN EL MURO ESTUDIADO.

Escalas:
Longitudes 1 : 20
Fuerzas 1 cm. = 1 Kg.



$e > b/6$
 $b = 130 \text{ cm.}$
 $e = 40 \text{ cm.}$
 $1/6 b = 21,66.$
 $V = 6.200 \text{ Kg.}$
 $V/100b = 0,47$
 $s' = 0,42 \text{ Kg/cm}^2 = \text{esfuerzo de tensión.}$
 $s'' = 1,36 \text{ Kg/cm}^2 = \text{esfuerzo de compresión.}$

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG.

CALCULO DEL AZUD DE DERIVACION.

Determinación de la altura:

El alto del azud sobre el fondo del rio, está extrictamente relacionado con la altura de remanso minimo que determina. Si indicamos con:

Z- la sobre elevación maxima del pelo del agua; con -t- la altura del agua en el rio antes de la construcción del dique; con -h- la diferencia de nivel entre la coronación del dique y el pelo del agua elevado; la altura del azud -p- será determinada por la siguiente formula:

$$p = Z + t - h \quad (\text{Formula 1})$$

De las tres cantidades que entran en el segundo miembro de la formula 1 - dos siempre son conocidas, a decir: -t- y -Z-, porque -t- se puede recabar mediante medidas directas, y la sobre elevación -Z- del pelo del agua a monte del dique, está determinada para el objeto por el cual se construye el azud.

-h- depende del caudal -Q- que debe verter sobre la coronación del azud.

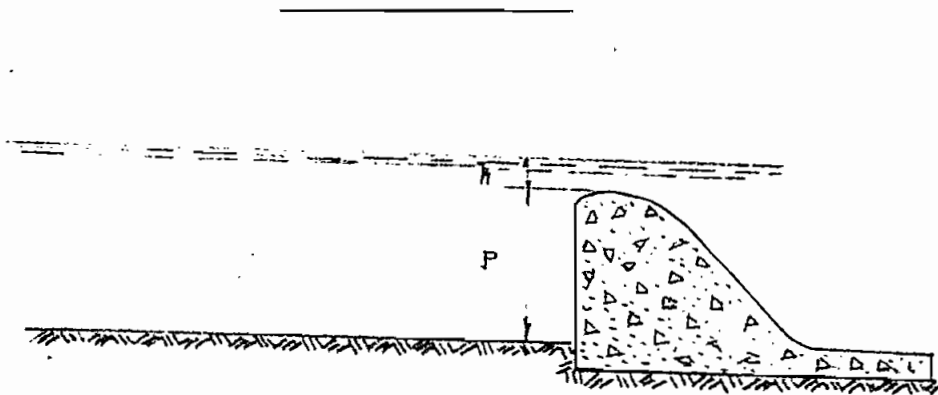
En el presente caso, de acuerdo a mediciones efectuadas en tiempo de estiaje en el lugar de ubicación del dique, se ha obtenido para -t- un valor de 0,30 metros.

Z- será determinado por la elevación del orificio de toma sobre el fondo del rio, a decir: 0,45 m. más la altura de agua que debe pasar por el mismo, incluyendo las perdidas de carga, altura que se establece en 0,90 m.; menos la altura de agua medida en estiaje antes de la construcción del dique.

En la epoca de verano el caudal de agua del Rio Guapal es de 1,5 m³/seg., cantida que debe ser captada en su totalidad; por lo tanto el azud en epoca de verano no permite el paso de ningun volumen de agua y la lámina vertiente -h- será = a 0.

De acuerdo a lo expuesto y remplazando valores en la formula -1- se obtiene:
Altura del azud -p-.

$$p = \frac{= Z}{0,45} + \frac{= t}{0,90} - \frac{= h}{0,30} + 0,30 - 0 = 1,35 \text{ m.}$$



PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG.

CALCULO DEL AZUD DE DERIVACION.

Para el calculo del perfil del azud, es necesario conocer la altura de la lámina vertiente relativa a las condiciones de caudal maximo.

De repetidas observaciones a lo largo del rio, se ha podido comprobar que en diferentes puntos las huellas dejadas por las crecientes, han determinado una altura de agua de 0,88 metros en termino promedio.

Con los datos que se conocen sobre el rio Guapal y aplicando la formula de Kutter, para una altura de agua = 0,88 m. se obtiene con suficiente aproximación un caudal de maxima creciente $Q = 10 \text{ m}^3/\text{seg.}$

Derivando $1,5 \text{ m}^3/\text{seg.}$ que se necesitan, sobrepasarán el azud los $8,5 \text{ m}^3/\text{seg.}$ restantes.

El calculo de la lámina vertiente lo vamos a efectuar de acuerdo al metodo que se detalla a continuación:

Datos:

$Q = 10 \text{ m}^3/\text{seg.}$

Altura del dique-p = 1,35 m.

Altura de agua maxima - hm. = 0,88 m. (antes de la erección del azud)

Lámina vertiente con - hm. = 0,88 m. - ho = 0.

El ancho del cauce en el sitio de ubicación del azud es de 5,80 metros a la altura de coronación del mismo. Para la compuerta de limpia y columnas, considero 2,20 metros; la longitud de coronación del mismo será por lo tanto igual a 3,60 metros.

El caudal-Q-(según Bresse) será determinado por la ecuación:

$$Q = 0,44 \times L \left(h + \frac{V^2}{2g} \right) \sqrt{2g \left(h + \frac{V^2}{2g} - h_0 \right)} \text{ en la cual. (ecuación \# 2)}$$

L = ancho medio de la superficie del agua:

$$L = 3,60 + h \quad (\text{ecuación \# 3})$$

h = altura de la lámina vertiente.

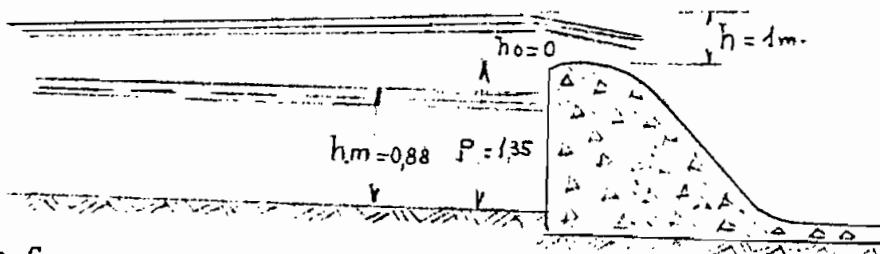
V = Velocidad del agua:

$$V = \frac{Q}{S + 3,60 \times h + h^2} \quad (\text{ecuación \# 4})$$

S = sección bajo la coronación del azud:

$$S = 1,35 \times 3,60 = 4,86 \text{ m}^2.$$

En la ecuación # 2 no se conocen los valores de L - V - h, y para el calculo de la lámina vertiente empleamos el metodo de tanteo a base de las ecuaciones # 3 y 4.



PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG.

CALCULO DEL AZUD DE DERIVACION.

Si nos imponemos para-h - el valor de un metro, de la ecuación # 3 se obtiene:

$$L = 3,60 + 1 = 4,60 \text{ m.}$$

de la ecuación # 4 se obtiene:

$$V = \frac{10}{4,86 + 3,60 \times 1 + 1^2} = 1,05 \text{ m/seg.}$$

Remplazando valores en la formula # 2 se obtiene:

$$Q = 0,44 \times 4,60 \left(1 + \frac{1,05^2}{19,6}\right) \sqrt{19,6 \left(1 + \frac{1,05^2}{19,6} - 0\right)} = 9,63 \approx 10 \text{ m}^3/\text{seg.}$$

El valor de la lámina vertiente que se ha establecido, y que corresponde a un espesor h = 1 m., lo vamos a tomar como definitivo, ya que con la aplicación de la formula # 2 nos dá un caudal teórico de 10 m³/seg. como previamente se había calculado.

El perfil para el azud se dibujará en función de-h = 1 m., en el presente caso, el adoptado será el Perfil Parabolico de Creager, por ser este el que más se adapta a la forma de la lámina vertiente.

Para este perfil se usarán los siguientes valores señalados por Creager para láminas vertientes de espesor = 1 m.

Y	X		
	CHORRO TEORICO		
	Línea de Mampostería	Chorro Cara super.	Chorro Cara infer.
0,0	0,126	- 0,831	0,126
0,1	0,036	- 0,803	0,036
0,2	0,007	- 0,772	0,007
0,3	0,000	- 0,740	0,000
0,4	0,007	- 0,702	0,007
0,6	0,060	- 0,620	0,063
0,8	0,142	- 0,511	0,153
1,00	0,257	- 0,380	0,267
1,20	0,397	- 0,219	0,410
1,40	0,565	- 0,030	0,590
1,70	0,870	0,305	0,920
2,00	1,220	0,693	1,310
2,50	1,960	1,500	2,100

La velocidad del agua sobre el azud se determina con la formula : $V = \frac{Q}{S}$

$$Q = 10 - 1,5 = 8,5 \text{ m}^3/\text{seg.} \text{ (Caudal total - caudal que se deriva)}$$

$$S = \text{Area de descarga} = 3,6 \times 1 = 3,6 \text{ m}^2. \text{ (Longitud libre de la coronación del azud por el espesor de la lámina vertiente)}$$

$$V = 8,5 / 3,6 = 2,36 \text{ m/seg.}$$

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG.

CALCULO ESTATICO DEL AZUD DE DERIVACION.

Para el calculo estático del azud, empleo el metodo grafico ilustrado en la hoja que sigue. Las dimensiones del azud, fijadas de antemano, estan indicadas en el dibujo de la hoja antes mencionada.

El dique se construirá con hormigón en masa por lo cual considero un peso especifico de 2400 Kg/m³.

El peso del azud será :

$$P = \frac{0,80 + 2,10}{2} \times 1,35 \times 2400 \approx 4800 \text{ Kg.}$$

El punto de aplicación de la presión hidrostática, se encuentra a una distancia-z- desde el pelo libre del agua determinada por la ecuación:

$$z = \frac{2}{3} \frac{(1,35 + 1)^3 - 1^3}{(1,35 + 1)^2 - 1^2} = 1,76 \text{ m.}$$

La presión hidrostática-E- contra la pared a monte del dique, (considerando un metro lineal de longitud), por una sección de: 1,35 x 1 = 1,35 m². será:

$$E = 1000 \times 1,35 \times 1,75 = 2376 \text{ Kg.}$$

En el calculo gráfico, componiendo las dos fuerzas, a decir: E. y P. se ha encontrado que la resultante corta la base del azud en la mitad del núcleo central: se concluye que no solamente hay estabilidad al volcamiento, sino que no existen esfuerzos de tensión.

Los esfuerzos unitarios de compresión en correspondencia de los puntos -B-A- serán determinados por :

$$\frac{s}{s'} = P/bx100 \left(1 + \frac{6e}{b} \right)$$

En el presente caso como se ha encontrado-e=0 se obtiene:

$$s = s' = \frac{4800}{210 \times 100} = 0,23 \text{ Kg/cm}^2$$

Cargas unitarias de compresión muy bajas para cualquiera material empleado tanto en la base de cimentación como en la construcción del dique.

Comprobación al volcamiento:

Tomando los datos del calculo gráfico se obtiene:

Momento estabilizante debido al peso del azud, respecto al punto-B-:

$$M1 = 4800 \times 1,33 = 6.384 \text{ Kg/m.}$$

Momento de vuelco debido al empuje -E-

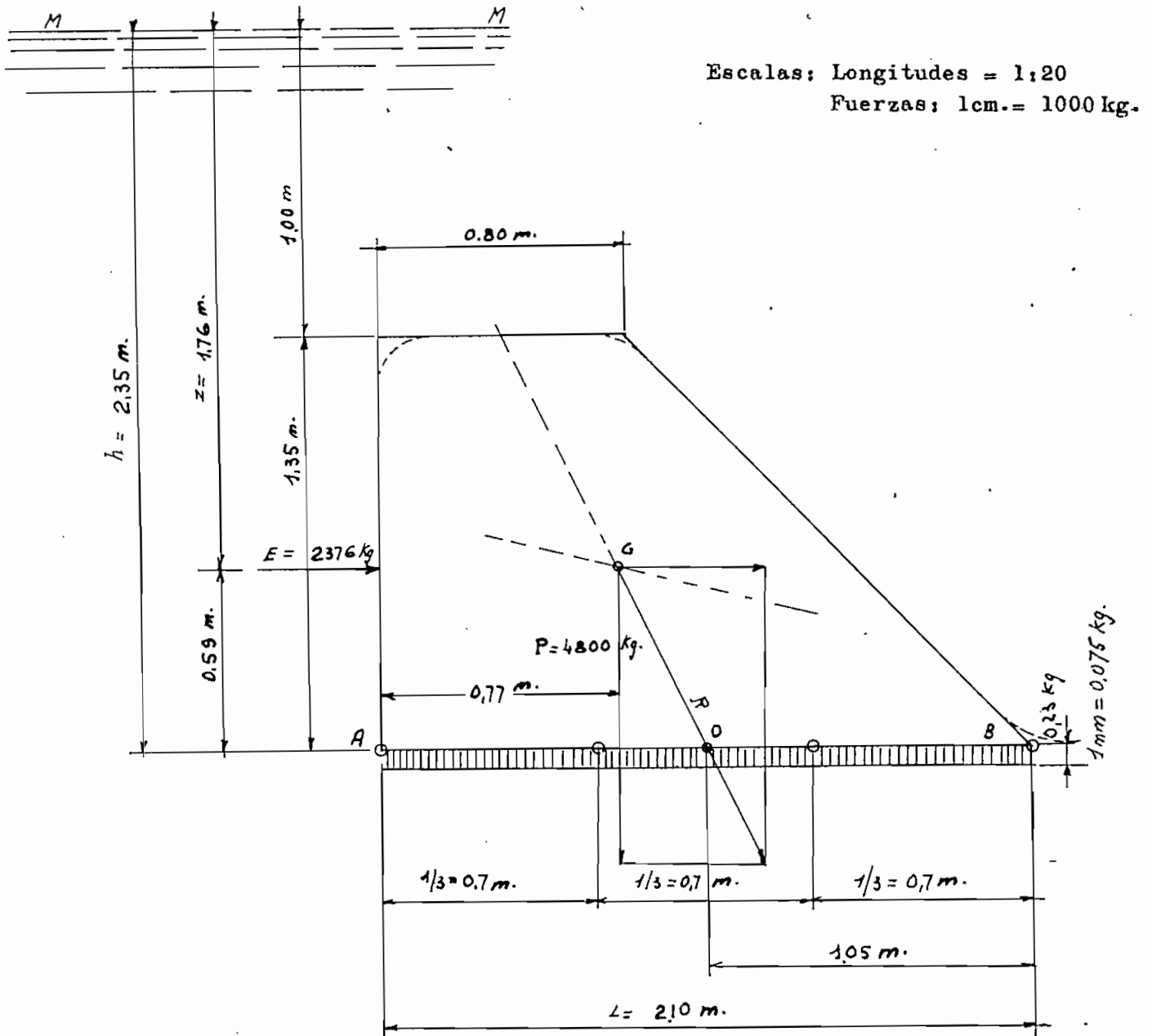
$$M2 = 2376 \times 0,59 = 1401,84 \text{ Kg/m.}$$

$$\frac{M1}{M2} = \frac{6.384}{1.401,84} = 4,5.$$

El coeficiente obtenido es elevado y el azud está asegurado contra el volcamiento con un amplio margen de seguridad.

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG.

CALCULO GRAFICO DEL AZUD DE DERIVACION.



Nota. Para fijar la altura maxima de h , no se ha tomado en cuenta la altura debida a la velocidad del agua en la coronación del azud; así mismo no se ha considerado para el calculo estático el peso del prisma de agua sobre la coronación del mismo. Los dos valores, el primero desfavorable y el segundo favorable a la estabilidad del azud, practicamente se compensan y sus cantidades, debido al amplio margen de seguridad que reviste el dique, se pueden depreciar.

CALCULO ESTATICO DEL AZUD DE DERIVACION.

Comprobación de la estabilidad al deslizamiento:
 Aplico la formula:

$$\frac{P \times f}{E} = 1,5 \quad \text{en la cual:}$$

P= peso del azud (Componente vertical de la resultante R.)
 E= empuje del agua (Componente horizontal de la resultante R.)
 f= coeficiente de rozamiento entre el azud y el terreno = 0,6 a 0,7
 Remplazando valores se obtiene:

$$\frac{4.800 \times 0,7}{2.376} = 1,414 < 1,5 \text{ de } 0,086$$

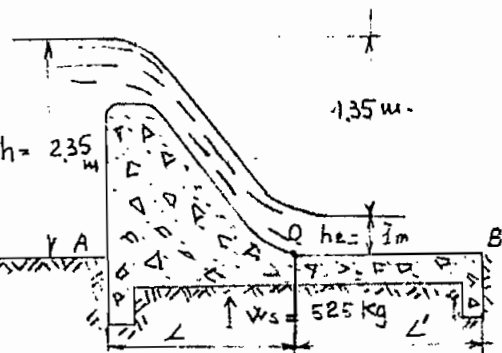
Acepto este dato en vista que el azud será completado por un zampeado el cual no se ha tomado en consideración para el calculo estático del mismo y, cuya construcción, va en favor de la estabilidad del dique.

El terreno sobre el cual se cimentará el azud, está constituido por rocas basálticas, sin embargo el agua siempre se filtra por las grietas existentes y produce fuerzas con dirección vertical. Para disminuir el riesgo contra la subpresión se proveerá el dique de un espolón al pié de aguas arriba, y de un zampeado aguas abajo, lo cual protegerá el terreno contra la erosión debida a la energia cinetica del agua, y alargará el recorrido de las líneas de agua filtrante, disminuyendo el valor de la subpresión.

Como en el punto-0- las aguas no tienen salida por efecto del zampeado, el mismo que prolongado convenientemente, une el dique al terreno, que se considera impermeable, mediante un espolón (rastrillo) la subpresión que se ejerce sobre el ancho-L- la podemos valorar con la formula :

$$W_s = L \times h \quad ;$$

De otra parte el dique se lo construye con un espolón en la parte de aguas arriba - y, por lo tanto, la subpresión a lo ancho-L- se reduce a la ejercitada por la carga-h₂-h₂; la considero igual al espesor de la lámina vertiente, no obstante que dicho espesor por efecto de la velocidad aumentada, que se verifica al pié del azud, se reduzca al valor minimo,-



tomando en cuenta la suposición del terreno impermeable considero un coeficiente inferior a la unidad que fijo en 0,25. $W_s = 0,25 \times 2,10 \times 1 \times 1000 = 525 \text{ Kg.}$
 Si establecemos la diferencia de niveles entre aguas arriba y aguas abajo del azud en m.1,35 el largo del zampeado lo podemos calcular con la formula de Lane-.

$$L' = C \times h.$$

C = coeficiente que depende de la naturaleza del terreno, y que, en el presente caso = 2,50

$$L' = 1,35 \times 2,50 = 3,37 \approx 3,40 \text{ m.}$$

El espesor del zampeado lo establecemos en 0,60 m. en el punto-0- con un lijera contrapendiente que nos dá en el punto-B- un espesor de 0,75 m.

La longitud total del dique desde A-B- será de metros 5,50.

El volumen total de hormigón simple que entra en la construcción del dique, con zampeado y estribos inclusive, con refuerzos para la ubicación de la compuerta de descarga, lo calculamos en 35 m³. (Los detalles constructivos del dique se encuentran en el Plano 0010).

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG

CANAL DE ADUCCION :-

El canal sigue en su mayor parte el trazo de una asequia anterior que habia servido como conduccion de agua para un molino.

El molino dejó de funcionar hace tiempo y de la asequia no quedó sino la mesa abandonada, la cual se puede utilizar de acuerdo a las rectificaciones especificadas en el plano # 003.

Esta solución tiene la ventaja de aprovechar los desbanques ya realizados anteriormente y comprobar los taludes que han resistido a la acción del tiempo.

Para evitar filtraciones, el canal va revestido en su totalidad y el paramento hacia el Rio está constituido por un muro de defensa, por cuanto, debido a las erosiones ocasionadas al terreno por las filtraciones de agua de la asequia anterior, ya no hay suficiente seguridad para la estabilidad del canal.

De otra parte no resultaría conveniente modificar el eje trazado, por cuanto, por la topografía del terreno, las pendientes transversales son superiores, en casi la totalidad del recorrido del canal al 60%, razón ésta que daría como solución la construcción de tuneles, más costosos que el muro de paramento para el mismo. Con excepción de desbanques insignificantes, debidos a rectificaciones, el movimiento de tierra se reduce unicamente a la excavación del cajón para el canal.

El material para el revestimiento del canal se encuentra disponible en el sitio. El coeficiente de rugosidad utilizado para el calculo del canal ha sido el utilizado en la fórmula de Bazin, correspondiente a los canales que el Autor clasifica de IV categoría, por cuanto las paredes del canal serán revestidas con mampostería de piedra no pulimentadas en vista del empleo del material existente, cuyo labrado para un acabado perfecto, resultaría demasiado costoso y la finalidad del revestimiento, en este caso específico, es unicamente para evitar filtraciones.

Puedo además considerar que, con esta clase de trabajo, el costo por m³. de mampostería colocada rebajaría de \$ 180,00, como actualmente se paga, a \$ 100,00.

CALCULO DEL CANAL

Caudal de agua que debe llevar el canal: $Q = 1,5 \text{ m}^3/\text{seg.}$

Forma adoptada trapezoidal, que es la más conveniente en el presente caso, por las condiciones topográficas del terreno.

Altura de agua en el canal $m. 1,20.$

Después de algunos tentativos, establezco como base inferior del canal $m. 1,00$ y como base superior $m. 1,80.$

Sección S = $\frac{1,00 + 1,80}{2} \times 1,20 = 1,68 \text{ m}^2.$

Perímetro mojado P. = $1,00 + 2 \sqrt{1,20^2 + 0,40^2} \approx 3,52 \text{ m.}$

Radio medio R. = $\frac{S}{P} = \frac{1,68}{3,52} \approx 0,48 \text{ m.}$

Velocidad del agua en el canal V. = $\frac{Q}{S} = \frac{1,5}{1,68} \approx 0,89 \text{ m/seg. (Velocidad media)}$

Calculo de la gradiente del canal. I

Aplicando la formula de Bazin:

$$V = k \sqrt{R \times I} \qquad I = \frac{V^2}{k^2 \times R}$$

k. para canales con Radio medio = 0,48 y revestimientos comprendidos en el grupo de IV categoría, según Bazin = 39,1.

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG.

CALCULO DEL CANAL

$$I = \frac{0,89^2}{39,1^2 \times 0,48} = \frac{0,7921}{1.528,81 \times 0,48} \approx \frac{0,7921}{734} = 0,00107 =$$

≈ 1 ‰ (pendiente del canal uno por mil)

Los datos obtenidos segun los calculos son aceptables y los considero como definitivos.

La velocidad de 0,89 m/seg. no llega al maximo consentido de 2 a 2,5 m/seg. para canales revestidos con mampostería de piedra antes especificada; por lo tanto no existe peligro que el agua produzca erosiones sobre el fondo y en las paredes del canal. Así mismo no habrá lugar a sedimentación de arena por cuanto la velocidad de 0,89 es superior a 0,40-0,50 m/seg. límites estos de sedimentación para aguas que transportan arena menuda.

Se pudiera sin embargo observar a primera vista que, con un aumento de velocidad se podría disminuir la sección del canal con apreciable ahorro para la construcción, pero esto daría lugar a una mayor pendiente para el canal y por consiguiente, a una mayor perdida de altura de caída; perdida que se desea mantener entre límites más bajos posibles en vista de la limitación de la longitud del canal, conforme está indicado en el plano # 004, lo cual no permite obtener mayor altura para la caída.

El canal llevará una altura de m.0,30, considerada entre el nivel superior de agua normal y el borde del labio; altura esta que dé un buen margen de seguridad para su buen funcionamiento.

Hubiera sido deseable que el canal cumpliera la condición de mínima resistencia hidraulica a decir:

sección trapezoidal inclinada con la horizontal de 60° que rinde mínimo el perímetro mojado y el trapecio resulta un semiexagono regular.

--- Esta condición muy pocas veces se puede cumplir en la practica ya que tiene que ajustarse a las características del proyecto y a las condiciones del terreno, como a otros factores los cuales, en algunos casos, no se pueden modificar para cumplir con la clausula antes especificada.

Esto mismo podemos decir para el presente caso, ya que con una inclinación de 60° de paramento con la horizontal, la mesa del canal hubiera resultado demasiado ancha en tal forma de ocasionar la modificación del eje del canal trazado y la construcción de tuncles, así como tambien la modificación de las medidas de sección del canal.

Se indica también que el canal no reviste peligros de derrumbes en toda la longitud de su recorrido.

Los datos que se refieren al canal se encuentran en los planos:

002-003-006 que se adjuntan.

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG.

TANQUE DE PRESION.

El tanque de presión queda situado al final del canal de aducción y su configuración se adapta a la topografía del terreno.

Para el diseño del mismo, se ha tomado en cuenta una compuerta de cierre antes de la entrada a la cámara en caso de ser necesario vaciarla.

Con el objeto de no encarecer demasiado la obra, no se ha previsto una compuerta de cierre antes de la tubería, ya que esta compuerta debería ser en lo posible metálica y construida para un cierre hermetico, además la sistemación de la misma hubiera necesitado obras adicionales y costosas en el tanque de presión.

En caso de ser necesaria una reparación de la tubería se puede vaciar el tanque cerrando la compuerta a la entrada del mismo.

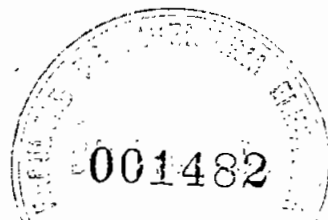
Para evitar de dejar en seco el tanque se pudiera, sin embargo, pedir la tubería de presión con una válvula de compuerta a la salida del tanque de presión, igual a la que lleva en la parte inferior antes de la conexión con la turbina.

El caudal sobrante de agua que, por una u otra razón pudiera llegar a tener el tanque de presión, será evacuado por intermedio de un aliviadero a la entrada del mismo, así mismo se ubicará una rejilla para impedir que el material sólido en suspensión pueda llegar a la tubería y a la turbina con grave perjuicio para la misma.

Se ha procurado en el límite permitido por la topografía del terreno, de ensanchar el tanque al máximo para formar un depósito de sedimentación para el material sólido que hubiera podido pasar por el canal y la rejilla.

La toma de agua para la tubería de presión ha sido ubicada en la parte más baja del tanque para evitar que en algún momento entre aire en ella con el consiguiente peligro de aplastamiento. Sin embargo, se ha tomado en cuenta una pequeña elevación sobre el fondo del tanque para evitar que el material sólido, eventualmente depositado, pueda penetrar en la tubería, y el agua, en contacto con el material sólido en el fondo del tanque, tenga que efectuar un movimiento ascensional con velocidad reducida, antes de llegar a la tubería. - El tanque además llevará un orificio de purga que descarga en el canal del aliviadero lateral.

Para establecer las dimensiones apropiadas para un tanque de presión, no hay normas fijas, ya que cada instalación tiene características funcionales distintas y requerimientos de carga diferentes de otras, por lo que, el tanque de presión debe ser diseñado de acuerdo a las necesidades específicas de cada caso y de acuerdo a la topografía del terreno.



PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG.

CALCULO DEL ALIVIADERO LATERAL A LA ENTRADA DEL TANQUE DE PRESION.

Con el objeto de desalojar el exceso de agua que pudiera llegar al tanque de presión, sin necesidad de levantar la compuerta ubicada al final del canal, se ha previsto un aliviadero lateral constituido por un vertedero libre de cresta horizontal con sección transversal redondeada.

El vertedero descarga el agua en exceso a un canal convenientemente dispuesto, el cual, a su vez, desgarga en el río. (Ver Plano 008)

Calculamos en base a los siguientes datos :

Caudal $Q = 1,5 \text{ m}^3/\text{seg}.$

$h = 0,30 =$ altura del vertedero desde el labio superior del canal.

$g = 9,81 =$ aceleración de gravedad en $\text{m}/\text{seg}^2.$

$m = 0,8 =$ coeficiente tomado en cuenta para el calculo.

$b =$ largo del vertedero que estamos calculando.

Aplico la siguiente formula:

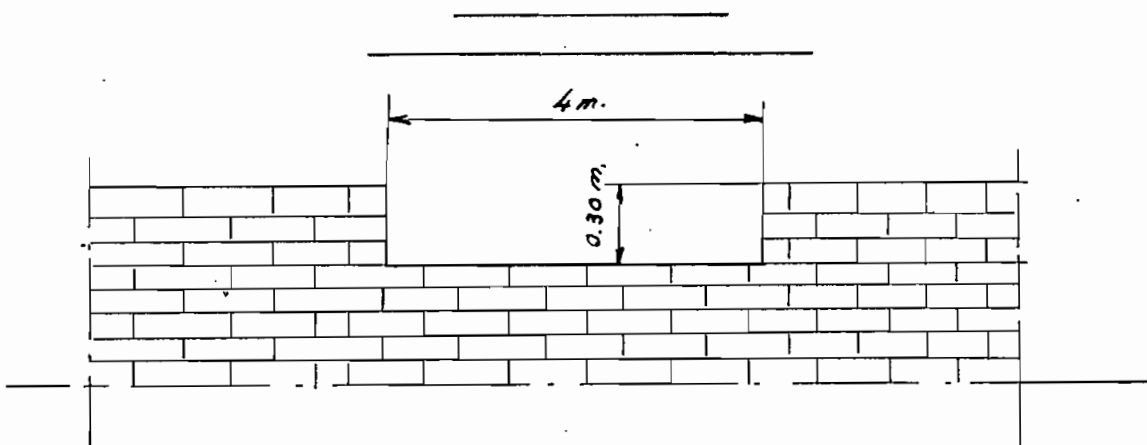
$$Q = \frac{2}{3} m \cdot h \cdot b \sqrt{2 g h} \quad \text{despejando el valor de } b \text{ se obtiene:}$$

$$b = \frac{3Q}{2 \cdot m \cdot h \cdot \sqrt{2 g h}} \quad \text{Remplazando valores se obtiene:}$$

$$b = 3,9 \approx 4 \text{ m.}$$

Este valor es aceptable y lo considero como definitivo.

El diseño del aliviadero consta en el plano 008 que se adjunta al presente estudio.



PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG.

CALCULO DE LA REJILLA A COLOCARSE AL FINAL DEL CANAL DE ADUCCION.

Esta tendrá por objeto impedir el paso de materiales en suspensión que pudieran ocasionar daños y perjuicios a la turbina.

Para el diseño de las rejillas hay que tomar en cuenta la distancia entre las pletinas, ya que dicha distancia debe ser suficiente para impedir el paso de cuerpos extraños de escasas dimensiones, sin mermar demás la sección útil, lo cual traería como consecuencia inmediata el aumento de velocidad con la consiguiente pérdida de la altura de carga. Con el aumento de velocidad, los cuerpos arrastrados por el agua, se adhieren con más fuerza a la rejilla, lo cual rinde dificultoso el separarlos y se obturaría siempre más la sección útil.

Segun Creager, la velocidad a través de la sección total de la rejilla, para que esta se limpie eficazmente, debe ser comprendida entre 0,45 y 0,75 m/seg.

De acuerdo a los principios enunciados se efectúa el calculo con los siguiente datos de proyecto:

Caudal Q = 1,5 m³/seg.

Velocidad en la rejilla tomamos 0,75m/seg. (entre barrotes)

m = 0,65 = coeficiente de contracción.

Ancho de la rejilla en la sección del canal, en la cual va colocada = 2,00 metros. (entrada del tanque de presión).

Distancia entre pletinas: - a = 0,015

Espesor de las pletinas: - b = 3/16" = 0,005

Para poder efectuar la limpieza de la rejilla a mano, consideramos la misma inclinada de 60 grados C. con la horizontal.

Sección:
$$S = \frac{Q}{m \times V} = \frac{1,5}{0,65 \times 0,75} = 3 \text{ m}^2.$$

Numero de pletinas:
$$n = \frac{\text{ancho}}{a + b} = \frac{2}{0,015 + 0,005} = 100$$

Longitud mojada:
$$l = \frac{\text{Sección}}{n \times a} = \frac{3}{100 \times 0,015} = 2,00 \text{ m.}$$

Alto de la reja en el sentido vertical A:-

$$A = 2,00 \times \text{sen } 60^\circ = 1,73 \text{ m.}$$

Sección Total de la rejilla S = 2,00 x 2,00 = 4,00 m².

Sección ocupada por las pletinas = 100 x 2 x 0,005 = 1,00 "

Sección neta.....=3,00 m².

Calculo de la perdida de carga:

Segun Creager la perdida de carga es :

$$h' = K \frac{V^2}{2g} \text{ en la cual :}$$

$$K = 1,45 - 0,45 R - R^2$$

$$R = \frac{\text{Sección neta}}{\text{sección total}} = \frac{3}{4} \dots = 0,75$$

$$K = 0,55$$

$$g = 9,81 \text{ m/seg}^2.$$

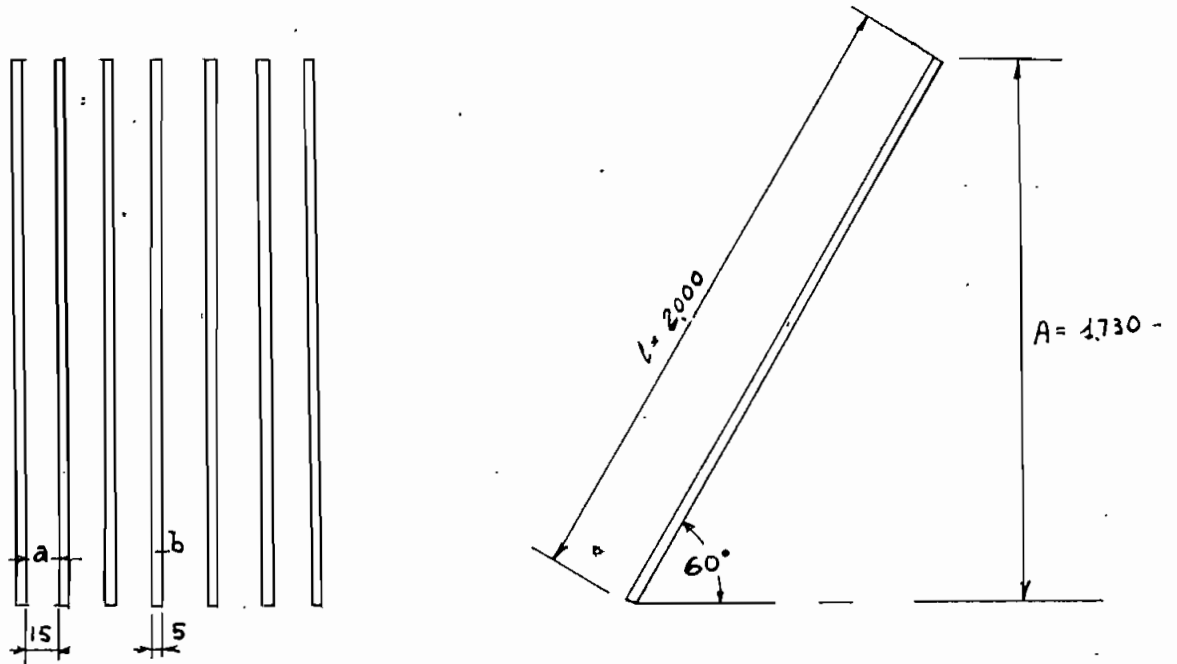
Remplazando valores en la formula de la perdida de carga se obtiene:

$$h' = 0,015 \text{ m. perdida del todo insignificante.}$$

R.Lanfranco G.

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG.

Esquema de la rejilla a colocarse al final del canal de aducción, de acuerdo a los resultados obtenidos con el calculo.



Medidas en milímetros.

Los detalles constructivos de la rejilla constan en el plano # 009.

CALCULO DE LOS MUROS PARA EL TANQUE DE PRESION.

Los muros para el tanque de presión se calculan para la condición más desfavorable, a decir, sin tomar en cuenta el empuje de la tierra en favor de la estabilidad de los mismos para equilibrar la presión del agua.

Para el calculo empleamos el procedimiento grafico ilustrado en la hoja que sigue, y comprobamos los resultados obtenidos para una altura de agua de m.1,90 (altura normal) y en la hipótesis que el agua llegue hasta la coronación del muro.

Nos imponemos :

Espesor del muro en la coronación m.0,60

Talud 1 a 20 para el paramento exterior.

Con el talud 1 : 20 tenemos el espesor de base = 1,04 m.

Para el primer caso con una altura de agua en el tanque de m.1,90 tenemos.

Empuje del agua E = 1.800 Kg. Peso del muro P. = 3.970 Kg.

Aplicación del empuje E = 1/3 h. desde la base inferior = m.0,633.

Comprobación de las fatigas :

- La resultante corta la base en el extremo del núcleo central y por lo tanto no hay fuerzas de tracción en el muro.

- El esfuerzo de compresión al cual el muro está sometido es:

$$s' = \frac{P}{b \times 100} \left(1 + \frac{6e}{b} \right) = 0,38 \left(1 + \frac{17 \times 6}{104} \right) = 0,75 \text{ Kg/cm}^2 < 2$$

Comprobación de la estabilidad al volcamiento

$$v = \frac{M_v}{M_h} = \frac{3.970 \times 0,52}{1.800 \times 0,633} = 1,9 > 1,5$$

Comprobación de la estabilidad al deslizamiento.

$$v' = \frac{P \times f}{E} = \frac{3.970 \times 0,6}{1.800} = 1,32 < 1,5 \quad (f = \text{coeficiente de rozamiento entre muro y el terreno} = 0,60)$$

Comprobación de la estabilidad transversal al esfuerzo cortante :

$$v'' = \frac{P \times f'}{E} = \frac{3.970 \times 0,7}{1.800} = 1,54 > 1,5 \quad (f' = \text{coeficiente de frotamiento del mortero sobre el material que constituye la obra} = 0,7)$$

El muro llevará una base de fundación de m.1,50 x 0,25 de profundidad.

El peso total del muro con fundación inclusive es de Kg.3.970 + 825 = 4.795 Kg.

La presión que el muro ejerce sobre el terreno es:

$$4.795 / 150 \times 100 = 0,32 \text{ Kg/cm}^2. < 2; (2 = \text{maximo admisible})$$

Con la base de fundación se mejora la estabilidad del muro al deslizamiento del mismo sobre el terreno.

Los resultados del calculo indican que son admisibles desde todos los puntos de vista las dimensiones establecidas para el muro en estudio.

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG.

CALCULO GRAFICO DE LOS MUROS PARA EL TANQUE DE PRESION.

Peso del Muro $P = 0,60 + 1,04 / 2 \times 2,20 \times 2.200 = 3970 \text{ Kg.}$

Empuje del agua $E' = \frac{1}{2} \frac{2,20^2}{2} \times 1000 = 2.420 \text{ Kg.}$ (Segunda hipótesis)

Empuje del agua $E = \frac{1}{2} \frac{1,90^2}{2} \times 1000 = 1.800 \text{ Kg.}$ (Empuje normal constante)

Talud del paramento 1 : 20 (paramento exterior)

Material empleado: Mampostería de piedra

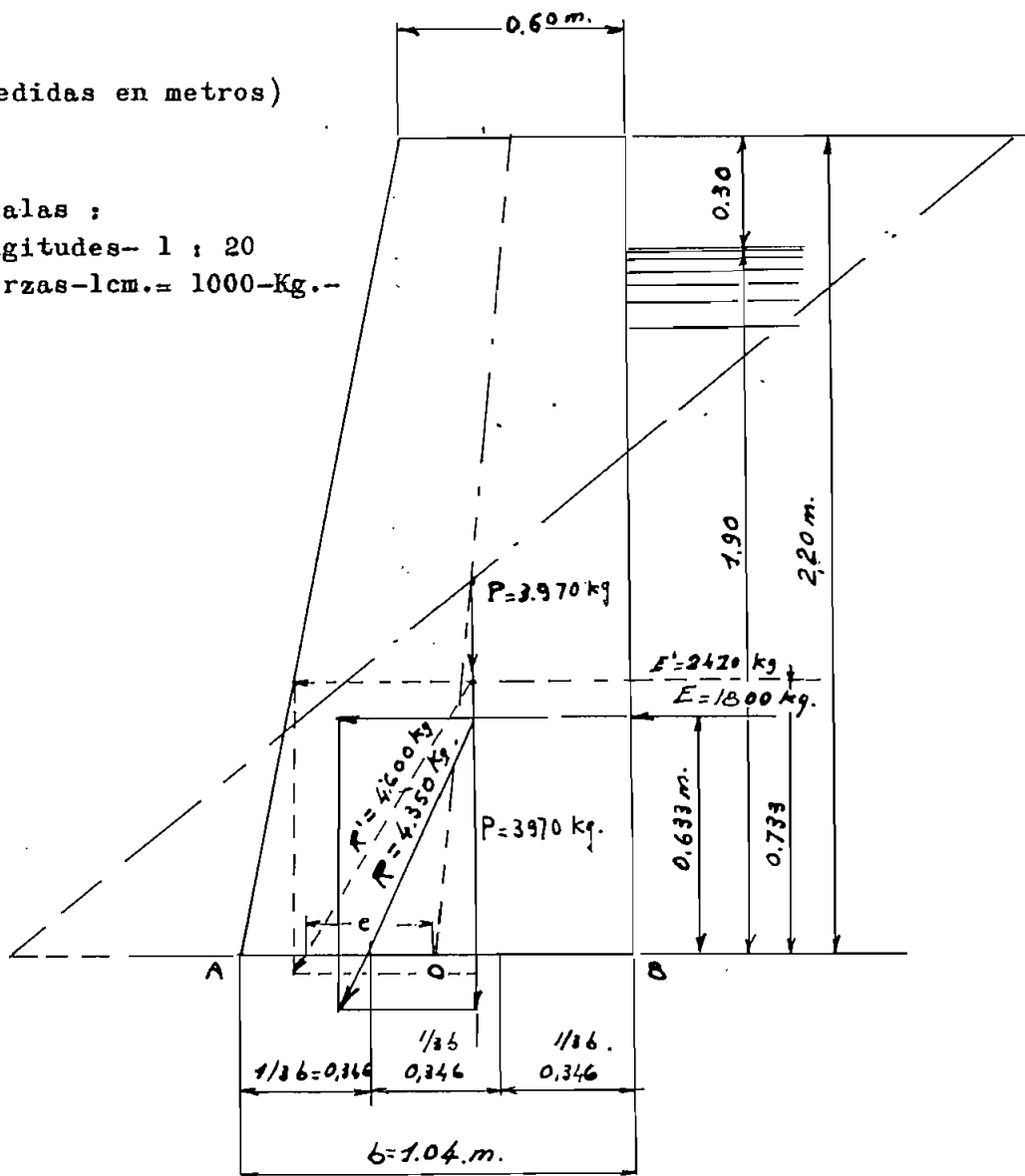
Peso especifico del material empleado: 2.200 Kg./m³.

(Medidas en metros)

Escalas :

Longitudes- 1 : 20

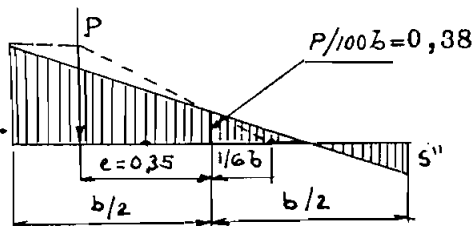
Fuerzas-1cm.= 1000-Kg.-



Escalas :

Longit.= 1:20 S'

Fuerzas 1cm.=1Kg.



Esfuerzos de compresión y tracción en al muro en la hipótesis que el agua llegue a la altura de m.2,20

s' = esf.de compresión = 1,40 Kg/cm².

s'' = esf.de tracción = 0,45 Kg/cm².

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG.

CALCULO DE LOS MUROS PARA EL TANQUE DE PRESION.

En la hipótesis que el agua llegue hasta la coronación del muro, conforme queda calculado graficamente en el dibujo adjunto, tenemos en el muro un esfuerzo de tracción = 0,45 Kg./cm².

Consideramos la carga de rotura del muro a la tensión = 10 Kg/cm². y asumiendo como factor de seguridad 1/20 de la carga de rotura obtenemos :

$$0,45 < 0,5.$$

El esfuerzo de compresión: 1,40 < 2 (2 = maximo admitido)

Comprobación de la estabilidad al volcamiento.

$$v = \frac{Mv.}{Mh.} = \frac{3.970 \times 0,52}{2.420 \times 0.733} \approx 1,2 < 1,5$$

El calculo de estabilidad al deslizamiento y al esfuerzo cortante, al par que el de estabilidad al volcamiento, da valores inferiores a los coeficientes admitidos.

Sin embargo si se considera que la hipótesis tomada como base para el calculo, por los sistemas de regulación de agua anteriores al tanque de presión, no debería llegar a cumplirse en ningun momento, y de otra parte el muro forma un cuerpo unico con la cimentación del tanque, y la presión de la tierra al otro lado del paramento, la cual no se ha tomado en cuenta para el calculo, va en favor de la estabilidad del mismo, se desprende que no conviene variar las medidas del muro previamente establecidas y comprobadas, unicamente para llenar los requisitos del calculo inherentes a la hipótesis antes enunciada.

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG

CALCULO DEL BLOQUE DE ANCLAJE

Los esfuerzos son:

P1= el peso del agua

$$P1 = 3,14 \frac{D^2}{4} (h_1 + h_d) = 3,14 \frac{(0,85)^2}{4} (5,8 + 2,9) = 4,93 \text{ ton.}$$

(En la formula h_d = presión dinámica = 0,5 h_1)

2- Componente del peso de la tubería : P2 = P_t x sen a

$$P_t = L \times 3,14 (D + s) s \times \gamma = 8 \times 3,14 \times 0,856 \times 0,006 \times 7,8 = 1,08 \text{ ton.}$$

$$P_2 = 1,08 \text{ sen } 34^\circ 30' = 1,08 \times 0,566 = 0,57 \text{ Ton.}$$

(En la formula γ = peso especifico del hierro = 7,8)

3- Peso de la tubería mas el peso del agua por el coeficiente de rozamiento (rozamiento tubería-apoyos; hierro-concreto: u = 0,5)

$$P_3 = (P_1 + P_t) \cos a \cdot u = (4,93 + 1,08) 0,805 \times 0,5 = 2,42 \text{ ton.}$$

4 - Esfuerzo de arrastre por el rozamiento del liquido con la tubería

$$P_4 = S \times h_v = 3,14 \times D \times L \times h_v = 3,14 \times 0,85 \times 8 \times 0,01 = 0,214 \text{ ton.}$$

5- Esfuerzo por la presión en la prensa estopa de la junta de dilatación.

$$P_5 = 3,14 (D + s) s (h_j + h'_j) = 3,14 \times 0,856 \times 0,006 \times 3 = 0,05 \text{ ton.}$$

(En la formula h'_j = presión dinám. en la junta = 0,5 h_j)

6 - Presión por rozamiento en la prensa estopa.

$$P_6 = u \cdot 3,14 \cdot (D + 2s) l \cdot h_j = 0,3 \times 3,14 \times 0,862 \times 0,07 \times 2 = 0,114 \text{ ton.}$$

(En la formula u = coeficiente de rozamiento: acero-cáñamo.)

(" " " l = longitud de la prensa estopa = 7 cm.)

El esfuerzo total, en el caso mas desfavorable (dilatación) será:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 = 8,3 \text{ Ton.}$$

7 - Sección del bloque de anclaje:-

$$S = \frac{2 (P + Q)}{r} \quad \begin{array}{l} Q = \text{peso del bloque de anclaje.} \\ r \text{ p. tierra} = 1,7 \text{ Kg/cm.}^2 \end{array}$$

$$Q = 1,9^2 \times 2,6 \times 2.400 = 22,6 \text{ ton.}$$

Tomo para tanteo un volumen de 1,9 x 1,9 x 2,6 m.

$$S = \frac{2 (8,3 + 22,6)}{1,7} = 36.200 \text{ cm.}^2$$

$$\text{Por lo tanto el lado del bloque será: } \sqrt{36.200} = 190 \text{ cm.} = 1,90 \text{ m.}$$

COMPOBACION MECANICA DEL BLOQUE DE ANCLAJE.

$$P_h = P \cos. a = 8,3 \times 0,825 = 6,85 \text{ ton.}$$

$$P_v = P \text{ sen. a} = 8,3 \times 0,567 = 4,72 \text{ ton.}$$

$$\text{Tan. } \theta = \frac{P_h}{P_v + Q} = \frac{6,85}{4,72 + 22,6} = 0,2506 ; \quad \theta = 14^\circ$$

Como se vé en el grafico adjunto, esto indica que la resultante de todos los esfuerzos, en el caso mas desfavorable, cae en el tercer medio de la base, lo cual garantiza la resistencia mecánica del bloque de anclaje.

=====

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG.

SELECCION DEL TIPO DE TURBINA

Para determinar la elección del tipo de turbinas que se debe adoptar en cada caso particular, concurren muchos elementos entre los cuales se encuentran principalmente, el valor del salto, el valor de la capacidad a utilizarse, la naturaleza del agua, (limpia o arenosa) las variaciones del nivel de descarga.

En la elección del tipo de turbina sobre otra cualquier consideración debe prevalecer el criterio de utilizar mejor la energía hidraulica disponible, porque, en general, el costo de la maquinaria representa un valor muy pequeño en relación con el valor de la energía producida. Toda economía que disminuya, aunque sea poco, el rendimiento de la instalación se resuelve por lo tanto en una disminución del rendimiento efectivo.

En el proyecto en estudio por las características basicas: ...salto = 10,25 metros
Potencia disponible de la instalación (al eje de la turbina) = 151 HP.
el tipo de turbina a emplearse será una Francis rápida, por cuanto las mismas son aptas para utilizarse en saltos bajos y medios, lo cual vamos a comprobar de acuerdo a la formula de Camerer que relaciona la elección de una turbina con el numero de revoluciones especifico de la misma.

De acuerdo a la mencionada formula el numero de revoluciones especifico, a decir, el numero de revoluciones que cumple una turbina semejante para producir la potencia de 1 HP. con la caída de 1 metro, será:

$$n_s = n \frac{\sqrt[2]{P}}{H \sqrt[4]{H}}$$

- n_s = numero de revoluciones especifico.
- n = numero de revoluciones de la turbina (por minuto).
- P = Potencia de la turbina en HP.
- H = Caída en metros.

Si establecemos para la turbina $n = 450$ R.P.M. se obtiene:

$$n_s = \frac{450 \sqrt[2]{151}}{10,25 \sqrt[4]{10,25}} \approx 300$$

$n_s = 300$ está definiendo, de acuerdo a las clasificaciones de las turbinas Francis, el tipo de turbina a seleccionarse que, de conformidad a cuanto se ha expuesto, será del tipo rápido, ya que, con n_s superior a 300 sería más conveniente emplear un tipo de turbinas Kaplan de aletas fijas o movibles.

En terminos generales n_s , para las turbinas Francis está comprendido entre 55 y 300, desde las más lentas a las más veloces.

Establecido el tipo de turbina en función del numero de revoluciones especifico, se debe relacionar el numero de revoluciones de la misma, en el presente caso = 450, con el del generador eléctrico segun la expresión: $n = 120$ f/p.

Si nos fijamos un generador de 6 polos para una frecuencia de 60 periodos/seg. obtenemos una velocidad para el mismo de 1200 R.P.M. lo cual indica que es necesario un sistema multiplicador de velocidad para pasar de 450 R.P.M. velocidad de la turbina, a 1200 R.P.M. velocidad del generador. (El presente argumento se tratará más adelante).

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG

CALCULO DE LA TUBERIA DE PRESION.

Nos decidimos por una tubería de presión metálica con los tubos de chapas de acero maleable soldados.

La instalación de la misma será al descubierto, decisión esta a la cual se ha llegado después de considerar:

- Longitud de la tubería, limitada a metros 9,60.
- Perfil regular del terreno (plano 005) lo cual no da lugar a desbanques adicionales.
- Facilidad de control de la oxidación de la tubería con el uso periódico de pinturas anticorrosivas.
- Mayor facilidad de vigilancia y reparación en el caso de producirse fallas que dieran lugar a fugas de agua.
- Rapidez y facilidad para la colocación de la tubería.

Estos factores considerados indican claramente que el presupuesto de una instalación al descubierto, es en general más favorable que el de una tubería enterrada.

El cálculo será encauzado, por la limitada altura de caída, a obtener un mínimo de pérdidas de carga consentido, ya que se desea aprovechar al máximo el salto disponible.

De acuerdo a los planos y al perfil longitudinal de la tubería, obtenemos los siguientes datos:

Longitud de la tubería L = m.9,60 aproximado a m.10-

Caudal de agua Q = 1,5 m³/seg.

Velocidad del agua nos imponemos V = 2,5 m/seg.

Para calcular el diámetro interior de la tubería aplico la fórmula indicada por el Ing. Malavasi en el Manual del Ing. Mecánico Constructor pag. 242.

$$D = \frac{\sqrt{4 Q}}{\sqrt{3,14 V}} = 1,1248 \frac{\sqrt{Q}}{\sqrt{V}} = 1,1248 \frac{\sqrt{1,5}}{\sqrt{2,5}} = 0,834 \approx 0,85 \text{ m.}$$

La sección correspondiente al diámetro de 0,85 m. será :

$$S = 3,14 D^2 / 4 = 3,14 \times 0,85^2 / 4 = m^2 0,567$$

Para calcular las pérdidas de carga en la tubería producidas por las resistencias continuas, aplico la fórmula de Darcy:

$$Y = B \frac{Q^2}{D^5} L \text{ en la cual}$$

Y = Pérdidas de carga en metros de columna de agua.

B = Coeficiente calculado con la fórmula: $B = 0,00164 + 0,000042/D$. (Darcy) incrementado del 25 % para tomar en cuenta la naturaleza de las aguas y la tubería nueva.

$$B = 0,00164 + \frac{0,000042}{0,85} = 0,00169 ; + 25\% \text{ de } 0,00169 = 0,00211 \text{ aproximado } = 0,0020.$$

Q = Caudal en m³/seg.

D = Diámetro tubería en metros.

L = Largo de la tubería en metros.

Reemplazando los valores obtenemos :

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG

CALCULO DE LA TUBERIA DE PRESION.

$$Y = 0,0020 \frac{1,5^2}{0,85^5} 10 = 0,10 \text{ m.}$$

Este valor se incrementa, con exceso, de un 50% debido a las perdidas localizadas por efecto de los dos cambios de direcciones, embocadura de la tubería en el tanque de presión, rejilla etc., por lo que

$$Y = 0,10 + 0,05 = 0,15 \text{ metros.}$$

Este valor representa el 1,5 % aprox. de perdidas sobre la caída disponible de 10,25 metros.

CALCULO DEL ESPESOR DE LAS CHAPAS DE HIERRO PARA LA COSTRUCCION DE LA TUBERIA.

Aplico la formula practica indicada por el Ing. Malavasi en el Manual del Ing. Méca-nice Constructor pag. 260:

$$s = 1/125 D. = 0,008 D. = 0,008 \times 850 = 6,8 \text{ mm.}$$

Verificamos el resultado obtenido con la formula:

$$s = \frac{p D}{2K f} + c \text{ en la cual:}$$

s = espesor en cm.

p = presión max. en Kg/cm². que se verifica en el interior de la tubería, debida a la presión estática que hay en el tubo en función de la altura de caída, más la sobre-presión producida por el golpe de ariete que puede verificarse en el caso más des-favorable (en el caso en estudio 1,02 Kg./cm² debido a la altura de caída total de m. 10,25 más un 30% por considerar el aumento de presión debida al golpe de arie-te. $p = 1,02 + 0,3 = 1,32 \text{ Kg./cm}^2$.)

D = Diametro interior de la tubería en cm. = 85 cm.

K = Carga practica de trabajo del material que constituye la tubería, considero para las chapas de acero maleable 700 Kg/cm².

f = Coeficiente para tubos soldados (para soldaduras ejecutadas con las más perfec-tas reglas de arte $f = 0,9$)

c = Constante que toma en consideración las corrosiones posibles, varia entre 0,1 a 0,3 cm. (tomo 0,3 cm)

Reemplazando valores en la formula anterior se obtiene:

$$s = \frac{1,32 \times 85}{2 \times 700 \times 0,9} + 0,3 = 0,9 \text{ cm.} = 9 \text{ mm.}$$

Comparando los dos resultados obtenidos para el espesor de la tubería, a decir: m. 6,8 y 9, y tomados en cuenta las normas que establecen en tuberías de diame-tros hasta 1 m. el espesor mínimo de 5 mm., tomo como termino promedio un valor de 9 mm. para el espesor de las chapas.

El espesor de 9 mm. será uniforme para todos los tramos ya que, por la longitud de la tubería de únicamente metros 9,60, no sería del caso hacer variar el espesor pa-ra obtener un ahorro en el peso de la tubería, que, desde luego, representaría una disminución insignificante en el costo de la misma. Los tramos de los tubos serán de una longitud aproximada de 3 metros cada uno, lo cual facilita el manejo, el trans-porte, la colocación de los mismos.

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAS.

CALCULO DE LA TUBERIA DE PRESION.

GOLPE DE ARIETE :

Vamos a estudiar el aumento de presión debido al golpe de ariete. Dicho fenómeno se propaga en la tubería con celeridad C_a a partir desde la válvula de cierre hasta la embocadura de la tubería en el tanque de presión, para regresar después con la misma celeridad C_a desde la embocadura a la válvula.

El tiempo en segundos de duración por una fase completa, está expresado por:

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

La Celeridad C_a está expresada por:

$$C_a = \frac{C_a}{\sqrt{1 + K D/s}}$$

C_a = Velocidad de las ondas sonoras que en el agua a temperatura ordinaria es de aproximadamente 1425 m/seg.

K = Coeficiente, que, para el acero se puede considerar 0,01 (asumiendo para módulo de elasticidad del acero $E = 2,15 \times 10^{10}$).

D = Diámetro interior constante de la tubería.

s = Espesor constante de la tubería.

Remplazando valores obtenemos:

$$C_a = \frac{1425}{\sqrt{1 + 0,01 \cdot 0,850/0,006}} = 914 \text{ m/seg.}$$

Por lo tanto:

$$T_c = \frac{2 \times 10}{914} = 0,022 \text{ seg.}$$

Este tiempo corresponde a la duración límite de cierre, bajo de la cual el golpe de ariete, o sea la sobrepresión, queda constante y alcanza el valor máximo dH_{max} . dH_{max} se verifica únicamente cuando se empieza a cerrar la válvula desde una abertura parcial A_c tal que el tiempo de cierre correspondiente a esta abertura sea:

$$T_c = \frac{2 L}{C_a} \text{ inferior a } T_o$$

$T_o - T_x - T_c$ = Tiempos empleados para maniobrar con movimiento uniforme (variación lineal) el aparato de cierre, a partir de las aberturas $A_o - A_x - A_c$ hasta el cierre completo s . A la abertura crítica A_c corresponde en la tubería la velocidad V_c en cuyo caso el golpe de ariete está expresado por:

$$dH_{max} = \frac{C_a V_c}{g}$$

Si establecemos:

$$V_c = V_o \frac{T_c}{T_o} = V_o \frac{2 L}{C_a T_o} \text{ se deduce que el golpe de ariete}$$

será expresado por:

$$dH_{max} = \frac{C_a V_c}{g} = \frac{C_a}{g} \times V_o \frac{2 L}{C_a T_o} = \frac{2 L V_o}{g T_o} \text{ es esta la formula de}$$

Allievi-Michaud- la cual vamos a utilizar.

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG

CALCULO DE LA TUBERIA DE PRESION.

GOLPE DE ARIETE;

Si, como hemos establecido, el golpe de ariete no debe superar el 30% de H. (altura total de caída H = 10,25 m.), a decir metros 3,075, el tiempo de cierre To debe resultar al menos:

$$T_o = \frac{2 L V_o}{g dH}$$

L = longitud de la tubería = 10 m.

Vo = Velocidad del agua en la tubería = 2,5 m/seg.

g = Aceleración de gravedad = 9,8 m/seg².

dH = 3,075.

Reemplazando los valores obtenemos:

$$T_o = \frac{2 \times 10 \times 2,5}{9,81 \times 3,075} = 1,6 \text{ seg.}$$

El valor máximo de la sobrepresión dHmax., partiendo de la máxima abertura Ao, se tendrá, como ya hemos calculado, por un tiempo de cierre Tca = 2L/Ca = 0,022 seg. en cuyo caso:

$$dH_{max.} = \frac{C_a V_o}{g} = \frac{914 \times 2,5}{9,81} = 232 \text{ m.} = 23,2 \text{ Kg/cm}^2 = 23,2 \text{ atm.}$$

Este caso de cierre repentino en una fracción de segundos = 0,022, en el cual todas las secciones de la tubería, desde la válvula de cierre al tanque de presión, son igualmente solicitadas por la sobrepresión máxima, en la práctica no puede verificarse.

El caso que siempre se verifica en la práctica partiendo de una abertura Ao máxima es:

$$T_o \text{ superior } \frac{2L}{C_a}$$

Hemos calculado la tubería en base a una sobrepresión crítica de 0,3 Kg/cm². (30 % más sobre la presión estática) la cual se alcanza únicamente por un tiempo de cierre = 1,6 seg; pero ciertamente la turbina tendrá un regulador cuyo efecto sobre la válvula del distribuidor, a partir de cualesquier grado de abertura hasta el cierre completo, será siempre superior a 1,6 seg. ya que esta fracción de tiempo es muy reducida para permitir una maniobra mecánica de cierre completo.

De otra parte esto va en favor de la estabilidad mecánica de la tubería, ya con el aumentar el tiempo de cierre, disminuye el valor de la sobrepresión debida al efecto del golpe de ariete.

Calculado el espesor de la tubería en función de la sobrepresión debida al fenómeno del golpe de ariete por cierre de la válvula de compuerta (operación manual) o de los élabes del distribuidor mediante la intervención mecánica automática del regulador; estamos seguros que la tubería resiste perfectamente a la depresión que se verifica en el caso de abertura máxima a partir de cualesquier grado de cierre de la misma, ya que dicha función se produce con variación lineal (movimiento uniforme) en un tiempo análogo al calculado anteriormente para el cierre.

Sin embargo, para mayor seguridad vamos a verificar el espesor de la tubería con la siguiente fórmula:

$$s = D \sqrt{\frac{3}{K} p^2 / 2E} \text{ en la cual,}$$

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG.

CALCULO DE LA TUBERIA DE PRESION.

- s = espesor de la tubería de presión.
- D = Diámetro interior de la tubería = 85 cm.
- K = Coeficiente numérico de seguridad = 1,5
- p' = Sobrepresión externa máxima = 1 Kg/cm².
- E = Modulo de elasticidad = 2000.000-

Aplicando los factores enunciados en la formula anterior se obtiene:

$$s = 85 \sqrt[3]{1,5 \times 1/2 \times 2000.000} \times 85 = 0,0072 \text{ m}$$

= 0,612 cm. = 6,12 mm. y 6- mm. como anteriormente se había establecido de acuerdo al calculo. Se desprende, por lo tanto, que la tubería no necesita refuerzos exteriores por encontrarse en buenas condiciones de estabilidad para resistir a las sollicitaciones por depresión que pudieran producirse durante el vaciado o la llenada de los varios tramos de la misma.

Por conservar el diámetro y el espesor uniforme para todos los tramos de la tubería, no es del caso calcular la sobrepresión máxima por efecto del golpe de ariete en cada punto de la misma ya que dH sería expresado por:

$$dH = \frac{L}{L} \times dH_{max} \quad (dH_{max} \text{ para un tiempo de Cierre } = 1,6 \text{ seg. en función de H, igual a 3 m. } = 0,3 \text{ Kg/cm}^2)$$

Como dH_{max} se verifica en proximidad de la válvula de cierre, la formula indica claramente que la sobrepresión decrece linealmente a lo largo de la tubería hacia la succedora en el tanque de presión.

En la formula anterior x es la distancia de un punto de la tubería de la extremidad inferior.

Concluímos el estudio sobre la tubería de presión aceptando los datos obtenidos con el calculo como definitivos, los mismos que se resumen así:

- Largo = 10 m.
- Diámetro interior = 850 mm.
- Espesor = 6- mm.
- Velocidad del agua en la misma (abertura total Ar) = 1,5 m/seg.
- Presión estática 1,02 Kg/cm²
- Sobrepresión debida al golpe de ariete 0,3 Kg/cm².
- Tiempo de cierre T_c = 1,6 segundos.
- Tiempo de cierre real, superior a 1,6 segundos.
- Gasto de la Tubería Q = 1,5 m³/seg.

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG.

CALCULO DE LA ALTURA DE ASPIRACION MAXIMA.

Para el calculo indicado empleo el procedimiento que detallo a continuación, en el cual:

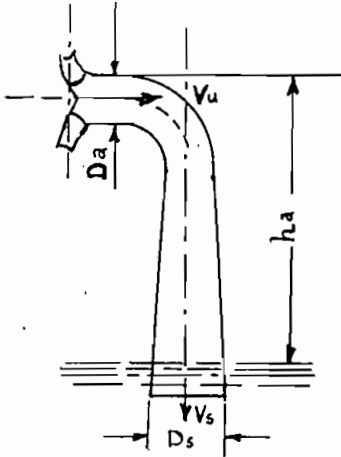
h_a altura maxima de aspiración.

V_u Velocidad media en m/seg. en la sección inicial del tubo de aspiración.

V_s Velocidad media en m/seg. en la sección final del tubo de aspiración.

$P_{amin.}$ y P_o = alturas (expresadas en metros de columna de agua) correspondientes a Y la presión mínima consentida a la salida de la rueda, indicada por las curvas de Rogers y Moody en función de los numeros de revoluciones especificos, y a la presión atmosférica del sitio, (función de la posición altimétrica de la instalación y de la tensión de vapor correspondiente a la temperatura del agua.)

R Rendimiento propio del tubo de aspiración.



Aplicando el principio de Bernoulli en el tramo comprendido entre la sección inicial y final del tubo de aspiración, de acuerdo al esquema adjunto, se obtiene:

$$h_a = \frac{P_o - P_{a.min.}}{Y} - R \left(\frac{V_u^2}{2g} - \frac{V_s^2}{2g} \right) \quad \text{Formula I}$$

Para el proyecto en estudio, cuyas características son:

$H = 10,25$ m. $Q = 1,5$ m³/seg. $n_s = 300$
 $D_a = 800$ mm.) Datos que establezco de antemano, sujetos a confirmación por parte de la Compañía suministradora de la maquinaria.
 $D_s = 1400$ mm.)

Se obtiene:

$$V_u = \frac{Q}{3,14 D_u^2} = \frac{1,5}{3,14 \times 0,8^2} \approx 3 \text{ m/seg.} \quad \frac{V_u^2}{2g} = \frac{3^2}{19,62} \approx 0,46 \text{ m.}$$

$$V_s = \frac{Q}{3,14 D_s^2} = \frac{1,5}{3,14 \times 1,4^2} \approx 1 \text{ m/seg.} \quad \frac{V_s^2}{2g} = \frac{1^2}{19,62} \approx 0,05 \text{ m.}$$

De acuerdo a las curvas de Rogers y Moody para $n_s = 300$ $\frac{P_a}{Y} = 0,08$, o sea:

$$\frac{P_{a.min.}}{Y} = 0,08 \times 10,25 = 0,82 \text{ m. que aumento a metros } \frac{H}{Y}$$

Considerando que el sitio de la instalación se encuentra a una altura de 2900 metros sobre el nivel del mar, cuya presión barométrica media de 510 mmHg. corresponde a una columna de 7,31 metros de altura la cual, deparada de la tensión de vapor, que para una temperatura de agua de 12 grados C. en promedio, nos dá $h_t = 0,15$ m. en columna de agua, (Saltos de Agua y Presas de Embalses de Gomez Navarro Y J. Aracil Tome I-pag. 919)

Se Obtiene: $7,31 - 0,15 = 7,16$ que aproximo a $7,20$ m.

Remplazando los valores parciales obtenidos en la formula I, por un rendimiento del tubo de aspiración $R = 0,7$, se encuentra:

$$h_a = (7,20 - 1) - 0,7(0,46 - 0,05) = 6,20 - 0,28 = 5,92 \text{ m.}$$

El calculo efectuado en base al coeficiente de cavitación que para $n_s = 300$ es $0,18$, aplicando la formula de Thoma nos dá:

$$h_a = \frac{P_o}{Y} - h_t - rH = 7,20 - 1,84 = 5,36 \text{ metros.}$$

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG.

CALCULO DE LA ALTURA DE ASPIRACION MAXIMA.

El fenomeno de cavitación es producido por el desprendimiento de la lámina de agua, lo cual da lugar a corrosiones que se verifican especialmente en correspondencia a los bordes de salida de los álabes del rodete, averías ocasionadas por acciones mecánicas (turbulencia de rotación que se inicia en el centro de la rueda) y por efecto de acciones químicas (producción de oxígeno).

El tubo de aspiración puede tambien estar sujeto a corrosiones a igual que el todo de unión a la turbina.

El fenomeno de cavitación muy a menudo está acompañado por otros fenómenos de caracter sonoro y de vibración que pueden comprometer el buen funcionamiento de las maquinas e influir sobre el rendimiento de las mismas.

Para evitar el fenomeno antes mencionado, es necesario instalar la rueda de la turbina a una altura sobre el nivel del canal de descarga en tal forma que la depresión en los puntos más elevados de la rueda resulte inferior a la presión atmosférica de parada de la tensión de vapor correspondiente a la temperatura del agua, y a la altura H.

Los calculos realizados al respecto indican los criterios que se han tomado en cuenta para evitar el fenomeno de cavitación; sin embargo para la situación definitiva de la turbina, habrá que consultar con la Casa Constructora la cual establece el valor del coeficiente de cavitación con más precisión en base a modelos experimentales en base a variaciones de la altura de aspiración.

Otro fenomeno de tomarse en cuenta en el tubo de aspiración, es el delido al contra golpe de ariete que se verifica en condiciones de movimiento variado por efecto de la maniobra del distribuidor; cuando el efecto combinado de la depresión, al inicio del flujo, en condiciones de funcionamiento normal, y de la depresión dinámica por efecto del golpe de ariete, determinan el desprendimiento de la lámina de agua.

La condición más desfavorable se presenta en caso de brusca separación de plena carga a vacío, en cuyo caso la depresión dinámica al principio del tubo de aspiración, corresponde a la cantidad de moto poseida por la masa de agua en el tubo de aspiración.

Resulta :

$$e \times \frac{L V_m}{g T_c} \quad \text{en la cual:}$$

L = largo del tubo de aspiración en metros (Tomamos 6 m. como dato orientativo)

V_m = Velocidad media en el tubo de aspiración ($V_u + V_s / 2 = 3 + 1 / 2 = 2$ m/seg.)

$g = 9,81$

T_c = tiempo de cierre anteriormente calculado = 1,6 seg.

e = Coeficiente variable de I para tubos de aspiración muy cortos, a 1,7 para tubos de aspiración largos comunemente usados para las turbinas Francis rápidas. Tomamos $e = 1,5$.

El valor maximo de la depresión dinámica se alcanza al terminar la maniobra de cierre cuando $V_u = 0$; $V_s = 0$ y, para evitar el contragolpe de ariete la altura de aspiración ha de ser:

$$h_a = \frac{P_o}{\gamma} - \frac{P_{a.\text{min.}}}{\gamma} - e \frac{L V_m}{g T_c} \quad \text{Remplazando valores obtenemos:}$$

$$h_a = 6,20 - 0,57 = 5,63 \text{ metros}$$

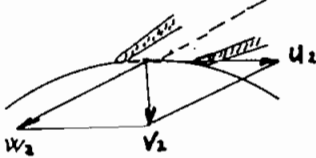
Si tomamos como dato para la altura de aspiración el obtenido mediante la aplicación de la formula de Thoma a decir $h_a = 5,36$ se desprende que la misma cumple con el requisito de la formula anterior, ya que se puede llegar hasta una altura $h_a = 5,63$ sin que hubiera lugar el fenomeno del contragolpe de ariete. Como pero ya se ha indicado anteriormente, será la Casa constructora que definirá, en base a los datos experimentales del tipo de turbinas a suministrarse, las medidas últimas del tubo de aspiración.

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG

CALCULO DE LA ALTURA DE ASPIRACION MAXIMA.

En las condiciones normales de funcionamiento, el triangulo de las velocidades a la salida de la rueda, adquiere aproximadamente la forma de un triangulo rectangulo, y la componente tangencial de la velocidad de descarga se anula o baja a valores muy pequeños, por lo que se iguala a su componente V_2 .

Esquema triangulo de las velocidades.



La altura de caída perdida en la descarga será, en función de la caída total :

$$dH = \frac{V_2^2}{2g H} \text{ en la cual;}$$

dH = Altura de caída perdida.

V_2 = Componente tangencial que, en el calculo anterior se ha sustituido con suficiente aproximación el cociente V_u entre el valor normal Q y el diametro D_u a valle de la rueda, o sea de la sección inicial del tubo de aspiración.

Si remplazamos valores en la formula anterior obtenemos:

$$dH = \frac{V_u^2}{2g H} = \frac{3^2}{19,62 \times 10,25} = 0,044 = 4,4 \%$$

Al final del tubo de aspiración tendremos; Aplicando la formula $\frac{V_s^2}{2g H} = 0,005 \approx 0,5\%$

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG.

CALCULO DE LAS COMPUERTAS.

Las compuertas para la Obra se construirán en el Paia con apreciable economía respecto a las importadas; en vista de lo expuesto he proyectado un tipo de compuertas estandar de acuerdo a los planos comprendidos en el Grupo A-51-1, los mismos que se adjuntan al presente trabajo.

Para el calculo se ha seguido el siguiente procedimiento:

Como medidas de proyecto, para mayor facilidad de maniobra de las mismas, establezco como dimensiones de maxima: ancho = metros 1,20 para una altura de agua = 1,20 metros. Las compuertas irán construidas con tablonas de madera incorruptible de 0,30 m. de alto x 1,20 m. de ancho.

CENTRO DE GRAVEDAD:..... = $\frac{1,20}{2}$ = 0,60 m.

-PRESION EN EL CENTRO DE GRAVEDAD.... = $1000 \times 0,60 = 600$ Kg.

EMPUJE = $1,20 \times 1,20 \times 600 = 864$ Kg.

RESISTENCIA AL ROZAMIENTO... = $870 \times 0,8 = 696 = 700$ Kg.

PROFUNDIDAD DEL CENTRO DE GRAVEDAD DE LA TABLA INFERIOR más solicitada (esquema adjunto)

$h = 1,20 - \frac{0,30}{2} = 1,05$ m.

EMPUJE = $1000 \times 1,05 \times 1,20 \times 0,30 = 378$ Kg.

MOMENTO-M = $\frac{Pl}{8} = \frac{378 \times 1,20}{8} = 5.500$ Kg/cm.

Llamando:

a = alto de la tabla. K = carga de seguridad para madera = 60 Kg/cm².

x = espesor de la tabla que se desea hallar.

Se puede aplicar la siguiente formula:

$K = \frac{M}{\frac{a x^2}{6}}$; $60 = \frac{5.500}{\frac{30 x^2}{6}}$ de la cual se obtiene:

$x = \sqrt{5.500 \times 6 / 30 \times 60} = 4,24 \approx 5$ cm.

El espesor encontrado para la tabla inferior, debido a la limitada altura de la compuerta, se aplica tambien a los demás tablonas.

CALCULO DEL ESFUERZO PARA LEVANTAR LA COMPUERTA.

CONSIDERANDO: Peso de la madera que compone la compuerta = 55 kg.

Peso del tornillo para su levantamiento = 28 "

Peso de otras piezas de hierro = 62 "

Peso Total 145 Kg.

Peso total a considerarse 700 + 145 = 845 Kg.

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG.

CALCULO DEL ESFUERZO PARA LEVANTAR LA COMPUERTA. (continuación)

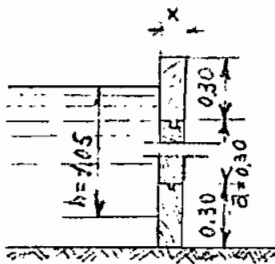
El tornillo para levantar la compuerta tendrá un diametro exterior de 50 mm. y el paso de la rosca será de 0,35 mm.

El brazo-b- del volante se fija en 275 mm.

El esfuerzo necesario para levantar la compuerta, conforme está dibujada en los planos del grupo A-31-1, será:

$$P = \frac{845 \times 0,35}{0,28 \times 275} \approx 0,2 \text{ kg.}$$

0,2 kg. es un dato aceptable, ya que una persona muy fácilmente puede maniobrar la compuerta sin dificultad.



Esquema demostrativo profundidad del centro de gravedad-h- desde el nivel superior del agua.

NOTA:

En caso de que se aumente la altura de agua, se conservará el espesor encontrado con el calculo para los tableros, 5 cm, ya que el mismo está calculado con excese, así como el alto establecido de 30 cm. (Esto en la posibilidad de construir compuertas más altas)

Las partes metálicas que componen las compuertas y que están en contacto directo con el agua, deben ser pintadas con pinturas anticorrosivas y los tableros de madera impermeabilizados con asfalto para mejor conservación y durabilidad de los mismos.

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAC.

CASA DE MAQUINAS.

Como casa de maquinas se utiliza la construcción existente, conforme está indicado en el plano # 007.

Dicha construcción, que habia sido utilizada para un molino, se encuentra muy bien conservada. Las paredes perimetrales están construidas con mampostería de piedra unidas con mortero de cemento.

Los muros de sostenimiento se encuentran así mismo en perfectas condiciones.

En el piso inferior está construido el canal de desagüe, y con insignificantes adecuaciones, se puede llegar a las medidas señaladas en el plano 007.

Los cuartos del piso inferior pueden servir como bodegas de materiales.

El piso superior se compone de la sala para las maquinas.

Para el objeto hay que reforzar convenientemente el piso mediante un sistema con vigas y loza y proveer las maquinas de las fundaciones apropiadas.

El techo de la casa existente, hay que renovarlo por completo, por cuanto se encuentra muy deteriorado.

Hay que proveer la casa de las ventanas y puertas, ya que las actuales son inservibles.

Las obras de defensas para la casa de maquinas, están completamente construidas y muy bien conservadas al par que los muros de defensa contra posibles crecientes del rio Guapal.

Falta construir la carretera que una la Casa de Maquinas a la vía principal que se encuentra a pocos metros de la misma y la habitación para el cuidador de la planta.

Para todos estos trabajos he presupuestado una cantidad de \$/ 45.000,00.

=====

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG.

CALCULO ELECTRICO DE LA LINEA DE ALTA TENSION (LINEA DE TRANSMISION).

El calculo se efectúa de acuerdo a los datos que se detallan:

Longitud de la línea 4,65 Km.

Potencia nominal a transportarse 130 KVA.

Factor de potencia $\cos.\theta = 0,8$

SELECCION DEL VOLTAJE.

Admito, por tratarse de una línea corta, con limitada potencia de transporte, y principalmente para poder en un futuro efectuar una interconexión con las líneas de sub-transmisión de las centrales electricas de Quito, un voltaje de 6 KV.

6 KV. representa, en vista de lo expuesto, un dato fijo. En línea de maxima está de acuerdo a 1KV. por cada Km. de longitud de línea.

Los alambres serán sistemados sobre aisladores ubicados en postería de zadera. La distribución de los aisladores será según los vertices de un triangulo equilatero, con una distancia de los alambres de 70 cm.

Con los datos enunciados se puede calcular la corriente de la línea de acuerdo a la formula siguiente:

$$I = \frac{KW.}{\sqrt{3} \times V \times \cos \theta} = \frac{130}{1,73 \times 6} \approx 12,5 \text{ Amp.}$$

El problema que se impone en el presente caso, es el de transportar esta corriente con una perdida de tensión y energia mínima.

En lo que se relaciona a la perdida más conveniente, es importante observar que, más elevada es la perdida admitida y más pequeña es la sección de los conductores de la línea y, por lo tanto, menor el costo del material; por consiguiente será menor también la cuota de amortización e intereses del capital empleado para la construcción de la línea. De otra parte pero, como a las perdidas en la línea corresponde una menor cantidad de energia vendida, se obtiene un menor ingreso anual.

Es natural que la perdida más conveniente y correlativamente la sección más economica para los conductores será establecida de acuerdo a cuanto se ha expuesto y en relación a las circunstancias especificas de cada caso; en general las perdidas correspondientes a la potencia maxima deben ser comprendidas entre 4% y el 10% de la potencia transportada.

En el presente estudio nos imponemos, como ya se ha enunciado, de limitar las perdidas al mínimo con el objeto de tener en los transformadores de la población de Pintag, el maximo consentido de energia producida.

Para el objeto escogemos 3 cables AWG. # 6, que utilizaremos para el circuito, y comprobamos las perdidas con el siguiente procedimiento:

Datos fijos:

Longitud. = 4,65 km. aproximado a 5 Km.

Potencia = 130 KVA.

Factor de potencia $\cos.\theta = 0,8$ ($\theta = 36,8^\circ$)

Voltaje = 6 KV

Frecuencia = 60 periodos/seg.

Distancia entre conductores = 70 cm. (distancia entre los postes no inferior a 50 m.)

Intensidad - I = 12,5 Amp.

Conductores = 3 cables de cobre estirado en frio AWG. # 6.

(Sección de cada cable = 13,3 mm². diametro 4,11 mm.)

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG.

CALCULO ELECTRICO DE LA LINEA DE ALTA TENSION (LINEA DE TRANSMISION)

Constantes características de la línea:

Resistencia r:

$$r = r' \frac{L K}{S} \text{ ohm/Km.conductor. donde:}$$

r' = resistividad en ohms por Km.y mm². Para cobre semicrudo = 17,6

L = Largo de la línea en Km.

S = Sección del conductor en mm².

K = coeficiente que tiene en cuenta el efecto pelicular y el trenzado = 1,02.

Remplazando los valores se obtiene:

$$r = \frac{17,6 \times 5 \times 1,02}{13,3} \approx 6,74 \text{ ohm.totales.}$$

Impedancia Z :

Tomamos el valor que nos suministran en el manual Standard Handbook For Electrical Engineers pag.1336 para conductores # 6 distantes 28" entre sí (aprox.70 cr.)

$$Z = 0,4445 \text{ para } 1000 \text{ pies.}$$

Angulo de impedancia f = 18.20°

Longitud de la línea = 5000m. x 3,28 = 16400 pies.,

$$Z = 16,4 \times 0,4445 = 7,29 \text{ ohm.totales.}$$

La caída de tensión será expresada por la fórmula:

$$dV = 1,73 I Z \cos(f-\theta)$$

$$dV = 1,73 \times 12,5 \times 7,29 \times \cos.(18.20^\circ - 36.6^\circ)$$

$$dV = 149 \text{ V.}$$

La cantidad de Energía perdida en la línea la podemos calcular con la fórmula:

$$dW = 3 R I^2 = 3 \times 6,74 \times 12,5^2 = 3159 \text{ W.} = 3,159 \text{ KW.}$$

La energía media transportada en la línea será:

$$W = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos.\theta$$

$$W = 1,73 \times 6000 \times 12,5 \times 0,8 = 10380 = 103,8 \text{ KW.}$$

Calculando el porcentaje de energía perdida obtenemos:

$$dE = \frac{3,159}{103,8} = 0,03 = 3\%.$$

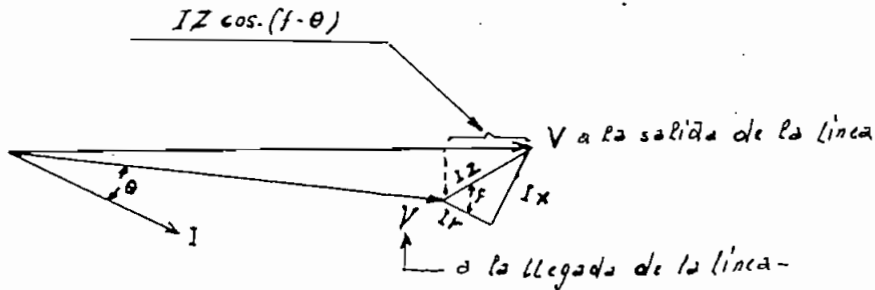
La regulación de la línea será expresada en :

$$\frac{dV}{V} = \frac{149}{6000} = 0,0248 \approx 2,5 \%$$

CALCULO ELECTRICO DE LA LINEA DE ALTA TENSION (LINEA DE TRANSMISION)

Los resultados del calculo indican que los valores encontrados, a decir 3 % en perdida de potencia para la energia transportada y 2,5 % de perdida para la regulaci3n de la lnea (oxilaci3n en porcentaje para pasar de zero a llena carga) son aceptables y por lo tanto considero el cable # 6 AWG. a utilizarse en el circuito para la lnea de alta tensi3n en el proyecto en estudio.

Diagrama vectorial de las tensiones de salida y llegada de la lnea.
(sin escala.)



Nota: La regulaci3n de la lnea se puede calcular tambien en funci3n de la Reactancia-X- como vamos a demostrar:

$$dV = 1,73 \times I (r \cos.\theta + X \text{ sen}.\theta)$$

La reactancia $X = 2 \times 3,14 \times \text{frecuencia} \times L$.

La inductancia L para lneas trifasicas = $1,30 \times 10^{-3}$ H/Km.

Para la lnea en estudio cuyo largo es de 5 Km. la reactancia X ser3:

$$X = 6,28 \times 60 \times 1,30 \times 10^{-3} \times 5 = 2,449 \text{ H/Km. totales.}$$

Remplazando valores se obtiene:

$$dV = 1,73 \times 12,5 (6,74 \times 0,8 + 2,449 \times 0,6) = 148,347 \text{ V} \approx 149 \text{ V.}$$

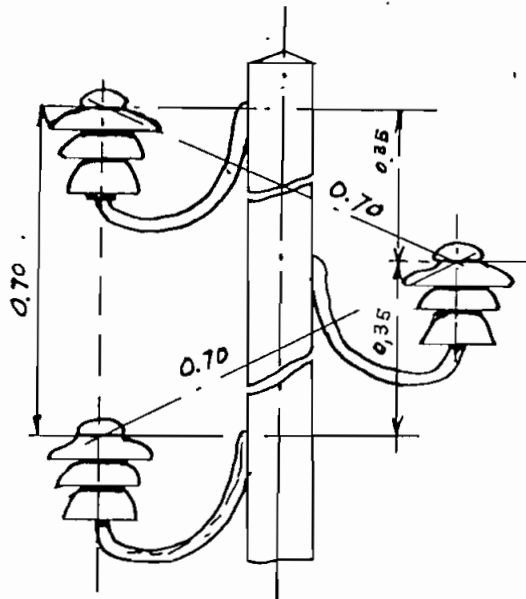
Como se haba encontrado anteriormente, con lo cual dV/V tendr3 el mismo valor del 2,5 %.

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG.

LINEA DE TRANSMISION.

Esquema disposición de los conductores sobre los postes.

Sin escala.
Medidas en metros.



Conductores # 6 A.W.G. Cobre estirado en frio.

Sección 13.3 mm^2 Diámetro 4,11 mm.

Segun las normas Italianas C.E.I. y para distancias entre postes de 60 metros para el mencionado tipo de conductor tenemos:

Considerando los conductores solicitados a viento de 130 Km/hora. (Hipotesis maxima)

Gm. = sollicitación unitaria prevista en el cobre con la sobrecarga maxima y a la minima temperatura = 12 Kg./mm^2 .

fm. = flecha correspondiente en metros = 0,97

Gi. = sollicitación unitaria prevista en el cobre a conductor sin carga y a temperatura minima = $6,9 \text{ Kg./mm}^2$

fi. = flecha correspondiente en metros = 0,60

Ge. = sollicitación unitaria prevista en el cobre a conductor sin carga y a temperatura maxima = $3,7 \text{ Kg./mm}^2$

fe. = flecha correspondiente 1,10 metros.

Pv. = Presión del viento sobre el conductor en un tramo = 18,2 Kg.

POSTES- de madera dura (eucaliptus) protegida en la parte que va enterrada y en la cumbre-con materiales impermeabilizantes.

Altura de los postes:

Altura línea telefónica montada sobre los postes.....m. 6,50

Distancia entre la línea de alta tensión y la telefónica (normas Italianas CEI. de m.1,5 a 2 para tensiones hasta 15 KV).....m. 1,50

Flecha maxima de la línea " 1,10

Distancia entre los conductores de la línea de alta tens. 0,70

Parte del poste a enterrarse.....m. 1,50

Altura Totalm. 11,30 11,50

Diámetro del poste en la cumbre, aprox. 15 cm.

Diámetro del poste en la parte inferior de la base, aprox. 25 cm.

Protección de la Línea de alta tensión con alambre de Guarda de acero.

-Comunicación con línea telefonica sobre los mismos postes, desde la Casa de Maquinas a la Sub-Estación en la población de Pintag-

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG

PERFIL DEL TERRENO " LINEA DE ALTA TENSION "

Escala 1 : 15.000

A = Salida de la línea de la CASA DE MAQUINAS.

B = Terminal de la línea en la PLAZA DE LA IGLESIA DE PINTAG.

Distancia entre A y B = metros 4.650.

El poligono seguido por la línea, queda indicado en la hoja 56 del mapa Topográfico del Ecuador, el mismo que se adjunta al presente trabajo.

Nota: el presente plano es solo indicativo, ya que para los efectos practicos del trazado de la línea de transmisión hay que realizar levantamientos; y los planos respectivos deben ser confeccionados en una escala no tan reducida.

POSTERIA EMPLEADA:

Postes de madera.

Distancia entre los mismos

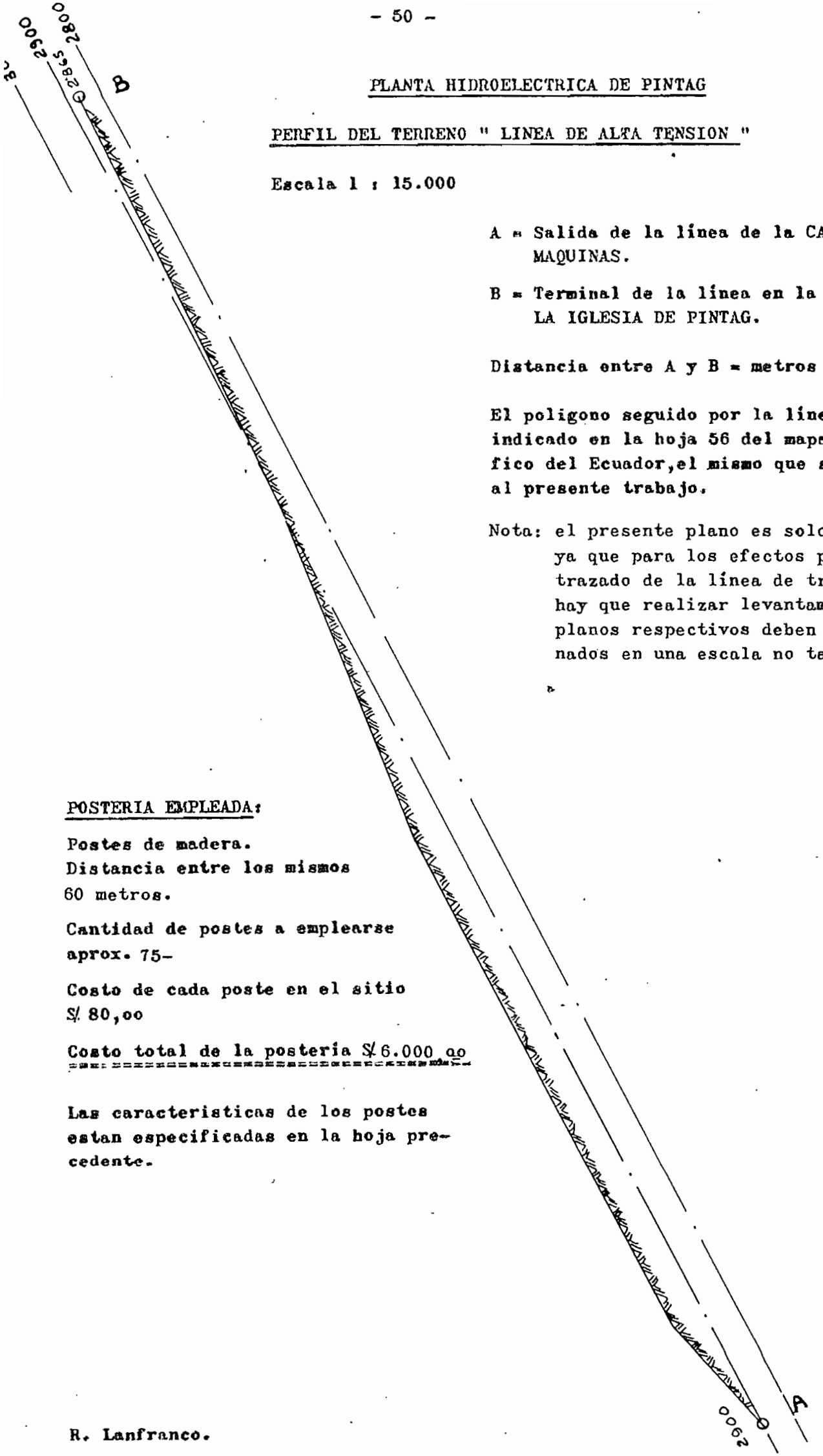
60 metros.

Cantidad de postes a emplearse
aprox. 75-

Costo de cada poste en el sitio
S/ 80,00

Costo total de la posteria S/ 6.000,00

Las características de los postes están especificadas en la hoja precedente.



CALCULO Y COMPROBACION DE LOS POSTES PARA LA LINEA DE ALTA TENSION.

Con los datos antes enunciados tenemos:

Díametro del poste en la cumbre $d_1 = 15$ cm.

Díametro del poste en la parte inferior de la base $d_0 = 25$ cm.

Conicidad del poste = 85%.

Altura total 11,50 m.

Parte del poste a enterrarse 1,5 m.

Madera empleada para los postes: eucaliptus.

De acuerdo a estos datos y de conformidad a las demas especificaciones indicadas en el plano adjunto, procedemos al calculo de comprobación para el poste. Indicamos que las normas utilizadas para el objeto pertenecen a la reglamentación italiana C.E.I. inherentes a los calculos para postes de madera.

1- Díametro del poste en la sección de empotramiento:

$$d_2 = 15 + (11,5 - 1,5) 0,85 \approx 23,5 \text{ cm.}$$

2- La superficie del poste expuesta a la acción del viento será:

$$W = \frac{15 + 23,5}{2} \times 10 \approx 1,925 \text{ m}^2.$$

3- La presión del viento sobre la superficie -W- aplicando el coeficiente de reducción 0,7 y considerando la misma en 125 Kg./m². conforme indican las normas, será:

$$F_n = W \times 125 \times 0,7 = 1,925 \times 125 \times 0,7 = 168,4 \text{ Kg.}$$

4- Como la sección longitudinal del poste es un trapecio, la distancia desde el terreno al punto de aplicación de la fuerza -F_n- será:

$$z = \frac{10}{3} \frac{0,235 + 2 \times 0,15}{0,235 + 0,15} = 4,995 \text{ m.} \approx 5 \text{ m.}$$

5- La presión del viento sobre los diferentes conductores será:

a)- Sobre el alambre de protección de acero de 3,9 = 4 mm. de diámetro en el tramo de 60 metros considerado:

$$60 \times 0,004 \times 125 \times 0,7 \approx 21 \text{ Kg.}$$

b)- Sobre cada conductor principal de 4,11 mm. de diám. en el tramo de 60 m.

$$60 \times 0,0411 \times 125 \times 0,7 \approx 21,5 \text{ Kg.}$$

c)- Sobre cada conductor de la línea telefónica, el cual consideramos del mismo diámetro del conductor de la línea de alta tensión, en el tramo de 60 m.

$$60 \times 0,0411 \times 125 \times 0,7 \approx 21,5 \text{ Kg.}$$

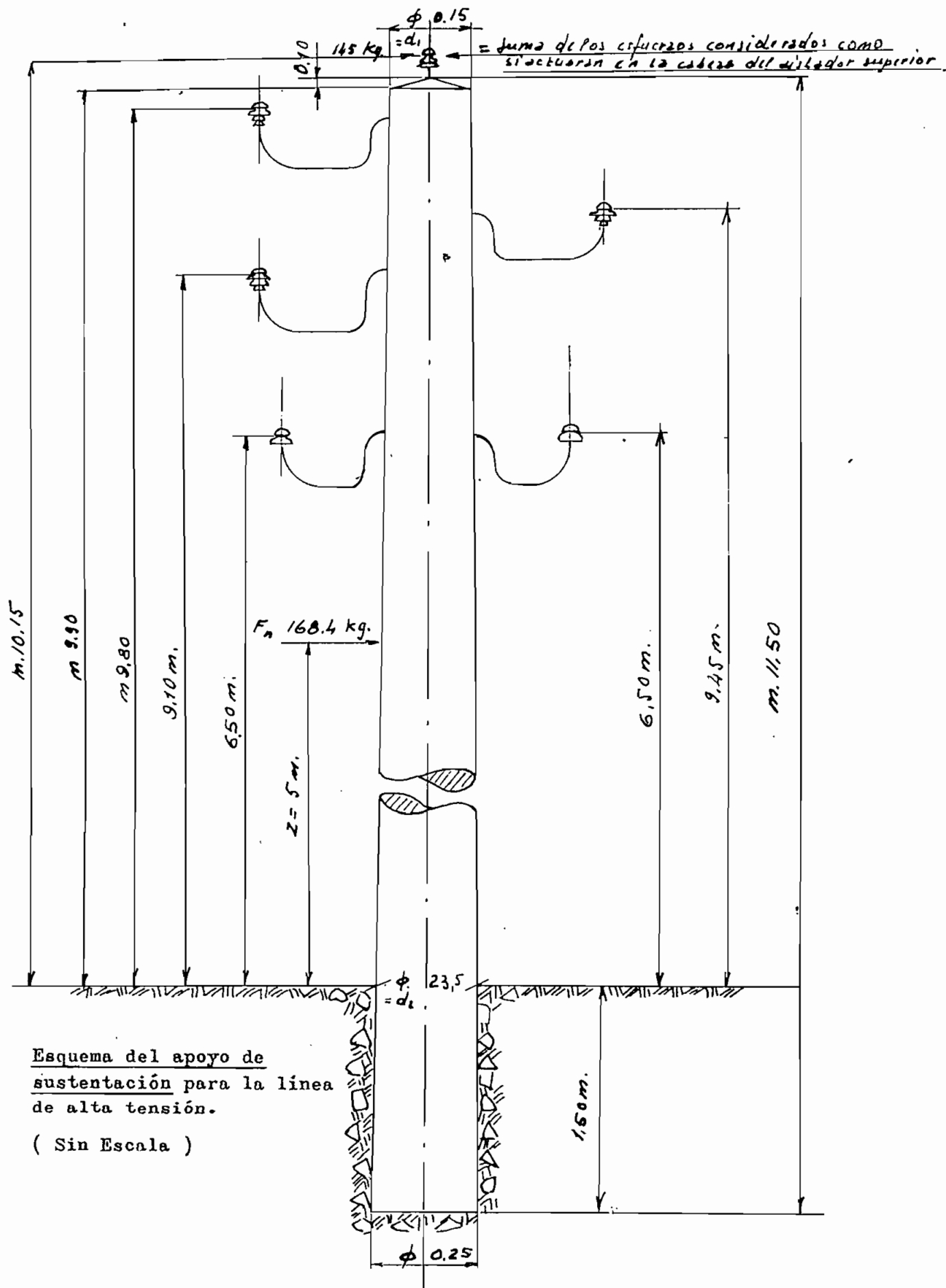
d)- Sobre cada aislador de la línea de alta tensión que consideramos con una sección transversal de 170 cm².

$$0,017 \times 125 \times 0,7 = 1,487 \text{ Kg.} \approx 1,5 \text{ Kg.}$$

e)- Sobre cada aislador de la línea telefonica considero igual presión a decir

$$1,5 \text{ Kg.}$$

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG.



Esquema del apoyo de sustentación para la línea de alta tensión.

(Sin Escala)

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG.

CALCULO Y COMPROBACION DE LOS POSTES PARA LA LINEA DE ALTA TENSION.

f)- La presión del viento sobre los ganchos de los aisladores la vamos a estimar en su totalidad = 6,75 Kg.

Conforme a las prescripciones reglamentarias, se considera los esfuerzos aplicados en la cabeza del aislador respectivo; y los esfuerzos totales serán:

f = 6,75 Kg.

a = 21,00 + 1,5.... = 22,5 Kg..

b = 3x21,5 + 1,5.... = 69 - - "

c = 2x21,5 + 1,5.... = 46 - - "

Total.... 144,25 Kg. = aproximado a 145 Kg.

El esfuerzo resultante de 145 Kg. se considera como si actuara sobre la cabeza del aislador superior, en vista de lo cual el momento flector debido al esfuerzo resultante es:

6- $M' = 145 \times 10,15 = 1.471,75 \text{ Kgm.} \approx 1.472$

7- El Momento debido a la presión del viento sobre el poste será:

$M'' = F_n \times z = 168,4 \times 5 \approx 842 \text{ Kgm.}$

8- El Momento total resultante será:

$M = M' + M'' = 1.472 + 842 \approx 2.314 \text{ Kgm.}$

9- El coeficiente de trabajo-R- de la madera en Kg/mm². que corresponde a la sección considerada, lo calculamos con la formula:

$$R = \frac{M \cdot z}{I} = \frac{10 M}{d_2^3} = \frac{10 \times 2.314}{23,5^3} = \frac{23.140}{13.100} \approx 1,77 \text{ Kg.mm}^2 = 177 - \text{Kg/cm}^2.$$

(En la formula; M-es el momento flector en Kgm.; d₂ = el diametro en cm. en la sección de empotramiento)

Si consideramos el coeficiente de trabajo de la madera empleada = 1/3 de la carga de rotura, que fijamos, de acuerdo a las normas en 560 Kg/cm²., obtenemos : R = 560/3 = 186,6 kg/cm².

El valor encontrado de: 177 < 186,6 que es el maximo previsto. De esta comprobación se desprende que el poste escogido se encuentra en buenas condiciones de estabilidad con relación a las fuerzas de flexión.

Comprobación del poste a la compresión producida por el peso de los conductores y por el conjunto de los aisladores y ganchos.

Para el efecto consideramos :

a-) Peso del conductor de protección en un tramo de 60m. (conductor de acero de 3,9 mm. de Diametro,) Aprox. 4mm.

$60 \times 3,14 \times 4^2 / 4 \times 7,8 \times 10^{-3} \approx 6 \text{ Kg.}$

b-) Peso de los conductores # 6 AWG.

$60 \times 3 \times 3,14 \times 4,11^2 / 4 \times 8,9 \times 10^{-3} \approx 21 - \text{Kg.}$

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG.

CALCULO Y COMPROBACION PARA LOS POSTES DE LA LINEA DE ALTA TENSION.

c-) Peso de los conductores telefónicos:

$$60 \times 2 \times 3,14 \times \frac{4,11^2}{4} \times 8,9 \times 10^{-3} \approx 14 \text{ Kg.}$$

d-) Peso de los aisladores con gancho inclusive consideramos 4,5 Kg.c/u.

$$4,5 \times 5 = 22,5 \text{ Kg. (5 aisladores en total)}$$

$$\text{Peso total} = a + b + c + d = 6 + 21 + 14 + 22,5 = 63,5 \text{ Kg.}$$

Segun las normas el poste debe poder soportar tres veces este valor, es decir:

$$63,5 \times 3 = 190,5 \text{ Kg.}$$

Para este valor calculamos el esfuerzo de compresión de acuerdo a la formula:

$$Rc. = \frac{P}{S} \left(1 + K \frac{l^2 \times S}{m \times I} \right) \text{ en la cual: (formula 1)}$$

P= Peso total en Kg.

Rc= coeficiente de trabajo a la compresión en Kg/mm2.

l = Longitud en metros del poste sometido a compresión.

S = Sección del mismo en mm2. (la sección peligrosa es la de empotramiento)

K = coeficiente que para la madera corresponde a 0,02.

I = momento de inercia mínimo de la sección de la pieza en cm⁴

m = 1/4 coeficiente que toma en cuenta el poste que tiene un extremo empotrado y el otro libre.

Vamos a utilizar la formula anterior ya que la relación entre la altura y el diámetro es:.....1000/23,5 = 42,5 y por lo tanto habrá que tomar en cuenta la flexión lateral.

$$\text{La sección:..... } S = \frac{3,14 \times 23,5^2}{4} = 433,32 \text{ cm}^2 \approx 43.332 \text{ mm}^2.$$

$$\text{El Momento de inercia..} I = \frac{3,14}{64} d^4 = \frac{3,14}{64} 23,5^4 = 15.251 \text{ cm}^4.$$

l= 10,15 metros. (considerando hasta la cabeza del aislador para el alambre de protección).
P= 190,5 Kg.

Remplazando los valores en la formula-1- ,tenemos:

$$Rc. = \frac{190,5}{43332} \left(1 + 0,02 \times \frac{10,15^2 \times 43.332}{\frac{1}{4} \times 15.251} \right) \approx 0,1074 \text{ Kg/mm}^2 = 10,74 \text{ Kg./cm}^2.$$

Sumando este esfuerzo con el de flexión anteriormente encontrado tenemos:

$$10,74 + 177 = 187,74 \text{ Kg/cm}^2.$$

Este valor encontrado de 187,74 Kg/cm2. es practicamente igual al maximo previsto, que, segun hemos visto era de 186,6 Kg/cm2.

Del resultado del calculo se desprende que el poste se encuentra en buenas condiciones de estabilidad a los efectos de los esfuerzos de compresión y flexión conjuntos.

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG.

CALCULO Y COMPROBACION PARA LOS POSTES DE LA LINEA DE ALTA TENSION.

Comprobación de la resistencia del poste en el sentido longitudinal de la línea.

Esta comprobación se hace suponiendo que el viento no actúe.

Consideramos que el esfuerzo máximo a que se halle sometido el conductor sea de 8 Kg/mm². a decir 1/5 de la tensión específica de rotura del material que para el cobre es 40 Kg/mm².

El esfuerzo que habrá de considerarse para los 5 conductores de cobre de igual sección, de acuerdo a las normas debe ser 1/3 de la suma de los esfuerzos máximos de tracción que puedan presentarse en los conductores.

En vista de lo expuesto tenemos:

$$E_1 = \frac{5 \times 13,3 \times 8}{3} = 177 \text{ Kg. En la formula:}$$

E₁ = Esfuerzo considerado en Kg.

5 = Numero de conductores de cobre que actúan sobre el poste.

13,3 = Sección de los conductores en mm².

8 = Esfuerzo máximo considerado a que se halla sometido el conductor en Kg/mm².

1/3 = disposición reglamentaria de tomar en consideración en la aplicación de la fórmula.

El esfuerzo debido al alambre de protección de acero Martin Siemens de 4mm. de diámetro, por el cual la tensión específica de rotura es 60 Kg/mm², de acuerdo al procedimiento seguido anteriormente será:

$$E_2 = \frac{12,56 \times 60}{3 \times 5} = 50,2 \text{ Kg.}$$

$$E\text{-Total} = E_1 + E_2 = 177 + 50,2 = 227,2 \text{ Kg.}$$

El momento a considerarse será:

$$M = 227,2 \times 10,15 \approx 2.306 \text{ Kg/m.}$$

El coeficiente de trabajo correspondiente es:

$$R = 10 \frac{M}{d_2^3} = 10 \times 2.306 / 23,5^3 = 23.060 / 13.100 \approx 1,77 \text{ Kg/mm}^2 = 177 \text{ Kg/cm}^2.$$

Inferior de 9,6 Kg/cm² al valor máximo admitido de 186,6 Kg/cm².; debido a esta diferencia a favor de la estabilidad del poste, de acuerdo a los coeficientes de seguridad empleados para el cálculo, se desprende que, para esta tercera comprobación, el poste se encuentra en buenas condiciones para resistir al esfuerzo en el sentido longitudinal.

Comprobación de la resistencia del terreno en la sección del poste a empotrarse.

Para el cálculo tenemos los datos siguientes:

Momento M. = 231400 Kgcm.

Diámetro del poste en la sección de empotramiento. = 23,5 cm.

Diámetro del poste en la base inferior = 25 cm.

Parte empotrada = 150 cm.

$$F = \frac{M}{l} = \frac{2314}{10,15} \approx 228 \text{ Kg.}$$

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG.

CALCULO Y COMPROBACION PARA LOS POSTES DE LA LINEA DE ALTA TENSION.

Aplicamos la siguiente formula:

$$H = \sqrt{\frac{6 (M + F \times H / 2)}{d \times R}} \quad \text{en la cual :}$$

H = Longitud del poste empotrado

M = Momento considerado

F = Fuerza actuante

d = diametro promedio del poste, considerado en la seccion de empotramiento y en la base inferior = $23,5 + 25 / 2 = 24,25$

R = coeficiente de trabajo para el terreno.

Substituyendo los valores en la formula anterior y despejando - R- se obtiene:

$$R = \frac{6 (231.400 + 228 \times 150/2)}{24,25 \times 22.500} \approx 2,6 \text{ Kg./cm}^2.$$

Presión unitaria que puede soportar el terreno en el cual irán empotrados los postes para la línea de alta tensión.

Al concluir el calculo de los postes de madera, se indica que todos los tramos serán iguales y no habrá apoyos de sustentación para cambios de dirección, - todos los apoyos serán de anclaje y proporcionarán puntos firme en la línea.

De acuerdo a la topografía del terreno se conservará la altura mínima de m.6,5 desde el terreno a los alambres de la línea telefónica.



Nota. Para el calculo mecánico de los conductores # 6 A.W.G. se ha tomado en consideración un Diámetro de 4 mm. y la formula empleada para el calculo de la presión del viento sobre un metro de conductor ha sido:

$$F = 0.0045 \times V^2 \times d. \quad \text{en la cual :}$$

F = presión del viento. En Kg.

V = Velocidad del viento (130 Km/hora.)

d = Diámetro del conductor.

Para el calculo de la presión del viento sobre los conductores, para determinar las cargas en el calculo de los postes, se ha considerado el diámetro real de cada conductor y la formula empleada ha sido:

$$F = A \times 125 \times 0,7 \quad \text{en la cual:}$$

Esta formula dá valores ligeramente superiores que la anterior.

F = Presión del viento a calcularse. En Kg.

A = superficie del conductor expuesta a la acción del viento en m². $A = l \cdot d / 1000$

en la que: l = longitud del vano en metros ; d = diametro del conductor en mm.

125 = Presión del viento en Kg/m² fijada por el reglamento. 0,7 = coeficiente de reducción por tratarse de superficies cilíndricas.

PLANTAS HIDROELECTRICA DE PINTAG.

Estudio de la línea telefónica montada sobre los mismos postes de la línea de alta Tensión.

En consideración de la poca longitud de la línea de alta tensión y para ahorrar una postería a parte, considero la línea telefónica de servicio montada sobre los mismos postes de la línea de alta tensión.

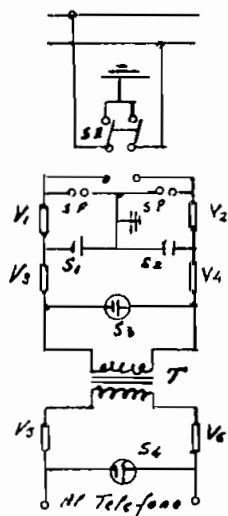
De acuerdo a las normas Italianas C.E.I. la distancia mínima entre un alambre telefónico y uno de alta tensión, debe ser:

de 1,5 a 2 metros para tensiones inferiores a 15 KV.

de 2 a 2,5 " " " entre 15 y 30 KV.

de 2,5 a 3 " " " entre 30 y 50 KV.

Para tensiones superiores a 50 KV. no es mas aconsejable este sistema.



En el caso en consideración establezco una distancia de m.1,5.

El circuito de telecomunicación va armado debajo del de transporte de Energía y, por cuanto está constituido por alambres más delgados y más sujetos a roturas por efecto del viento, se reduce así al mínimo el peligro de contactos directos entre las dos líneas.

Las normas Italianas C.E.I. (II-4 art.77) disponen que los aisladores de las líneas telefónicas sean del tipo para instalaciones aéreas y aptos para una tensión de prueba de 12.000 V. bajo lluvia por un minuto (tensión de ejercicio 1000 V.); si la línea de energía tiene una tensión superior a los 1000 V. los aisladores telefónicos tienen que ser idénticos a los de la línea de energía eléctrica.

El cruce de los conductores telefónicos va efectuado cada 200-250 m. por lo cercanos que están a la línea de alta tensión.

Para la protección de las personas y de los aparatos se usan varios dispositivos. El dispositivo ilustrado en la presente hoja consta de :-

Una protección primaria sobre la alta tensión; de un transformador de seguridad y de una protección secundaria sobre la baja tensión.

Sobre la alta tensión hay un conmutador bipolar S.E. que se puede mandar mediante una pertiga; el conmutador permite conectar la línea al teléfono, o en caso de daños, conectar la línea a tierra; además el dispositivo comprende:-

dos descargadores SP. a espacio explosivo que entran en funcionamiento a 2500-3000V. dos fusibles V1 y V2. de 8A. Dos descargadores S1-S2 a planchas de carbon (que entran a funcionar a 400-600 V. y meten a tierra la línea primaria). Un descargador al vacío S3-a 300-350 V.

Los fusibles V3yV4 son de 3A. El transformador de seguridad T, con relación 3/1 sirve de aislamiento entre el teléfono y la línea, los mismos que quedan conectados entre sí inductivamente. El primario está aislado por la tensión concatenada existente sobre la línea de energía. El nucleo de hierro del transformador está dimensionado en forma tal que, llegada la saturación, la tensión secundaria no aumenta, así aumentara la tensión primaria; por lo cual aún cuando se ocasionaran sobretensiones en la línea de energía, el secundario tendrá siempre entre sus bornes una tensión inducida no peligrosa para quien telefona.

Sobre el lado de la baja tensión hay dos fusibles V5yV6- que se funden a 0,3 A. y un descargador al vacío S4 que entra en funcionamiento a 350 V. y pone en cortocircuito el aparato telefónico.

Con el sistema de protección descrito, se puede montar líneas telefónicas sobre los postes de las líneas de alta tensión hasta de 60 KV.

SELECCION DE LA MAQUINARIA

Las consideraciones tomadas en cuenta para seleccionar las maquinas tanto hidraulicas como electricas y demas implementos, son de caracter técnico-economicas, con la finalidad de solucionar el problema con maquinaria eficiente, sencilla en su operación y cuyo costo sea al mismo tiempo posible para la Entidad encargada de realizar la Obra, sin que esto vaya en perjuicio de la buena calidad del material.

Con estas premisas considero primero el tipo de turbina a suministrarse en función de las características del Proyecto y de los resultados del calculo, a decir: para un caudal de 1.500 litros/seg.

Caida bruta 10,25 m.

Potencia aprox. 160 H.P.

Alto rendimiento, para instalarse a una altura de 2.800 m. sobre el nivel del mar, Turbina del tipo Francis, de acuerdo al número característico de revoluciones halado.

a- Como primera consideración tomo en cuenta un tipo de turbina vertical, cuyas características de instalación en sus terminos generales están ilustrados en el esquema " A " adjunto.

El tipo de turbina vertical tuviera la ventaja de la sencillez en su instalación, y comportaría unicamente un cambio en la construcción de la casa de maquinas.

Para tener una idea precisa del costo de la turbina mencionada se ha consultado la Casa : FITZ WATER WHEEL CO. HANOVER - PENNA-U.S.A. la misma que para las características del proyecto estudiado, ofreció la turbina sin accesorios de 300 R.P.M. F.O.B. puerto Baltimore en.....U\$A. 7.500,00 y el Regulador de velocidad en " 3.100,00

Total F.O.B. Baltimor \$	10.600,00
--------------------------	-----------

Otro tipo de turbina vertical considerado es el que fabrica la Casa DREES & CO. WERLI. W. ilustrado en el adjunto esquema " B ".

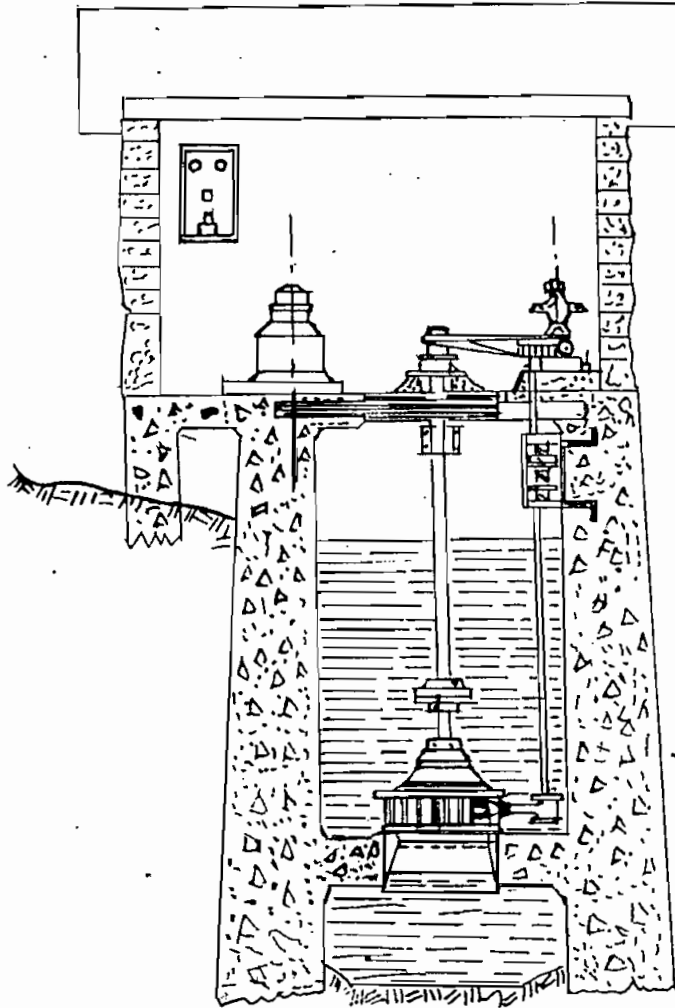
El grupo hidroelectrico Drees consta de una turbina Francis o Hélice, de gran velocidad. La regulación es efectuada por un regulador automático especial de aceite a presión. Un volante compensador montado en el eje de la turbina, con doble apoyo, mantiene la regularidad del trabajo del grupo hidroelectrico. El generador electrico va directamente acoplado a la turbina, existiendo sobre el mismo un cuadro con todos sus accesorios para el control de la instalación.

El grupo Hidroelectrico Drees está protegido por un cárter de chapa en el caso que haya de ser montado a la intemperie. Si se prevee para el interior de un edificio, no se precisa cárter protector.

El mencionado tipo de Grupo Hidroelectrico a parte que tuviera ventajas por comprender en un solo cuerpo todas las partes vitales de la central y, por cuanto se puede montar sobre dos muros de cimentación de la casa de maquinas con apreciable economía para la construcción del edificio, ha sido excluido por cuanto la Casa, en los datos suministrados, no aconseja este tipo de instalación para caudales de 1.500 litros/seg. y caidas de 10 m. ademas por lo complicado que resultara a los efectos de cualesquiera eventual reparación, hubiera sido inadecuado a las finalidades del proyecto. La casa no llegó a formular ninguna cotización.

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG

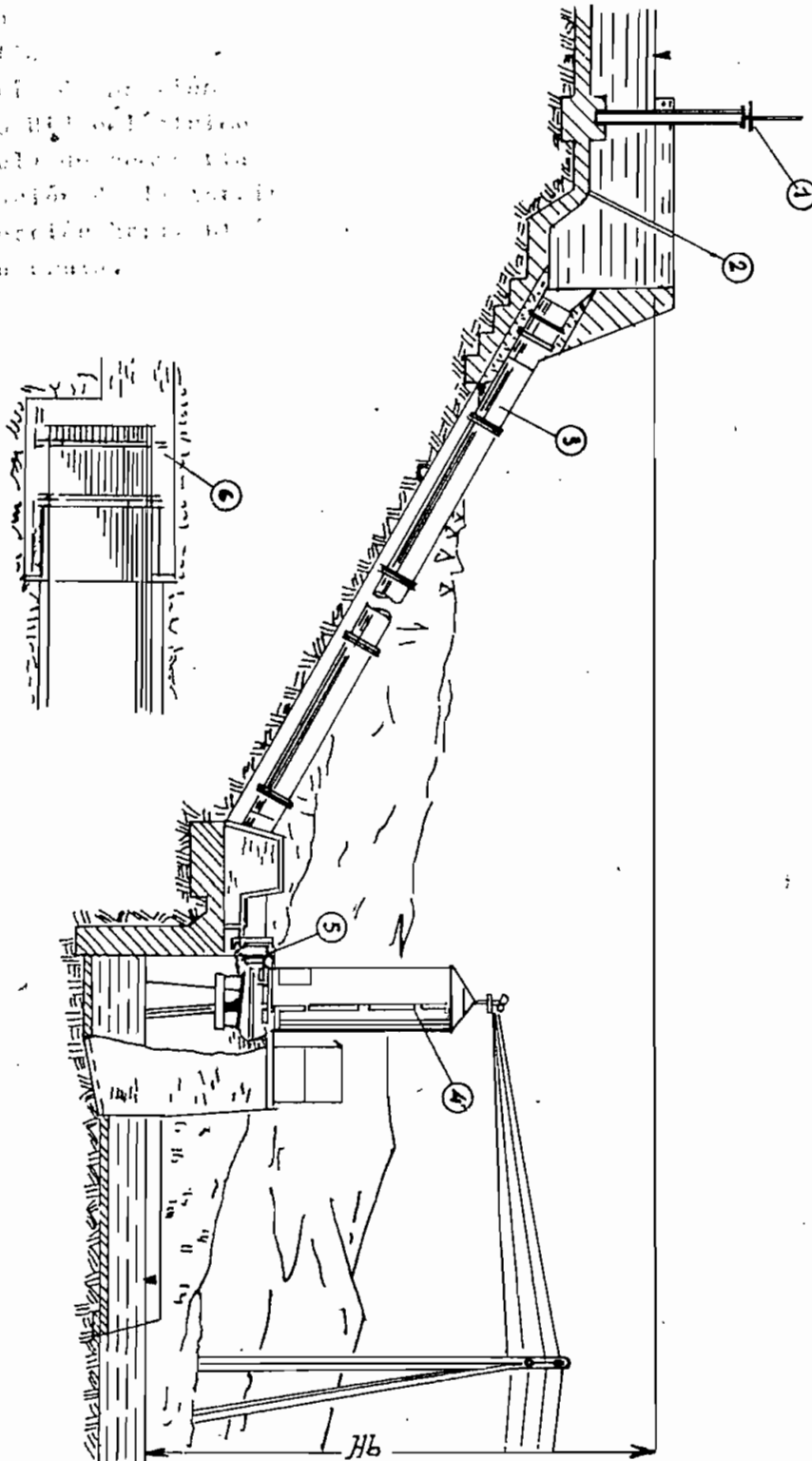
Esquema " A "



Instalación turbina Vertical: FITZ WATER WHEEL CO.

TRUSS BRIDGE WITH TOWER

- 1. Tower
- 2. Truss
- 3. Deck
- 4. Cable
- 5. Cable anchor
- 6. Cable bed
- 7. Cable bed
- 8. Cable bed
- 9. Cable bed
- 10. Cable bed
- 11. Cable bed
- 12. Cable bed
- 13. Cable bed
- 14. Cable bed
- 15. Cable bed
- 16. Cable bed
- 17. Cable bed
- 18. Cable bed
- 19. Cable bed
- 20. Cable bed
- 21. Cable bed
- 22. Cable bed
- 23. Cable bed
- 24. Cable bed
- 25. Cable bed
- 26. Cable bed
- 27. Cable bed
- 28. Cable bed
- 29. Cable bed
- 30. Cable bed
- 31. Cable bed
- 32. Cable bed
- 33. Cable bed
- 34. Cable bed
- 35. Cable bed
- 36. Cable bed
- 37. Cable bed
- 38. Cable bed
- 39. Cable bed
- 40. Cable bed
- 41. Cable bed
- 42. Cable bed
- 43. Cable bed
- 44. Cable bed
- 45. Cable bed
- 46. Cable bed
- 47. Cable bed
- 48. Cable bed
- 49. Cable bed
- 50. Cable bed
- 51. Cable bed
- 52. Cable bed
- 53. Cable bed
- 54. Cable bed
- 55. Cable bed
- 56. Cable bed
- 57. Cable bed
- 58. Cable bed
- 59. Cable bed
- 60. Cable bed
- 61. Cable bed
- 62. Cable bed
- 63. Cable bed
- 64. Cable bed
- 65. Cable bed
- 66. Cable bed
- 67. Cable bed
- 68. Cable bed
- 69. Cable bed
- 70. Cable bed
- 71. Cable bed
- 72. Cable bed
- 73. Cable bed
- 74. Cable bed
- 75. Cable bed
- 76. Cable bed
- 77. Cable bed
- 78. Cable bed
- 79. Cable bed
- 80. Cable bed
- 81. Cable bed
- 82. Cable bed
- 83. Cable bed
- 84. Cable bed
- 85. Cable bed
- 86. Cable bed
- 87. Cable bed
- 88. Cable bed
- 89. Cable bed
- 90. Cable bed
- 91. Cable bed
- 92. Cable bed
- 93. Cable bed
- 94. Cable bed
- 95. Cable bed
- 96. Cable bed
- 97. Cable bed
- 98. Cable bed
- 99. Cable bed
- 100. Cable bed



PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG

SELECCION DE LA MAQUINARIA

Continuación

b- Como segunda consideración, tomo en cuenta un tipo de turbina horizontal. La Casa FITZ WATER WHEEL CO. antes mencionada, para los requisitos del proyecto, ofrece un tipo de turbina horizontal de 350 R.P.M. completa con todos sus accesorios e implementos F.O.B. puerto Baltimore en..... U.\$ A. 20.250,00 y un regulador de velocidad a presión de aceite en " 3.500,00

TOTAL.....\$....23.750,00

La Casa ESCHER WISS G.M.B.H. de Ravensburg así mismo consultada, para el proyecto en mención, ofrece un tipo de turbina de acuerdo al esquema "C" adjunto de 450 R.P.M. El valor de la turbina completa con sus accesorios, tubo de succión, válvula de compuerta, volante y regulador de velocidad a presión de aceite y demás aditamentos es F.O.B. puerto alemán de.....U.\$ A. 9.300,00

La Casa CHARMILLES de Génève (Suiza) también consultada, ofreció una turbina Francis doble, a eje horizontal, con regulación automática de velocidad mediante regulador a presión de aceite, válvula de compuerta, tubo de succión y demás accesorios de conformidad al esquema " D " que se adjunta. El valor cotizado F.O.B. Génève para la turbina ofrecida ha sido de U.\$ A. 16.420,00

La Casa FUERMEYER & WITTE de MONCHEHOF- Alemania- para las características del proyecto especificado ha ofrecido:

Una turbina de 450 R.P.M. tipo Francis. completa de codo encorvado de succión y tubo de succión, con accesorios y aparatos de control en U.\$ A. 5.230,00
 Un regulador automático de velocidad por presión de aceite..... " 1.210,00
 Un engranaje cilíndrico de alto rendimiento 450:1200 R.P.M. " 1.084,00
 Volante-Valvula de compuerta-Repuestos- y tubería de presión " 2.696,00

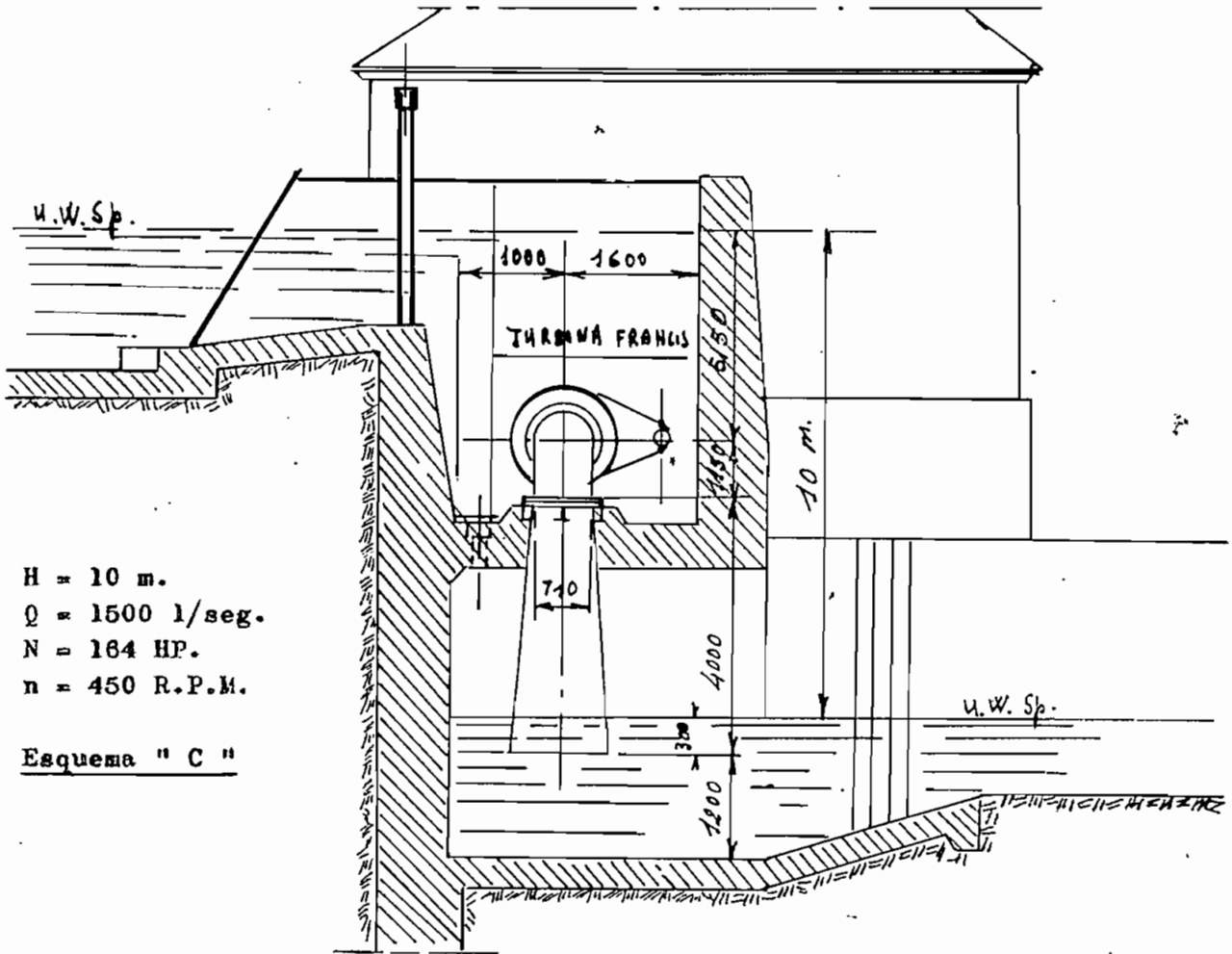
Total F.O.B. " 10.220,00

Con los datos antes especificados, se puede establecer la siguiente tabla comparativa.

CASA CONSULTADA	PARTE HIDRAULICA		TURBINAS TIPO		COSTO F.O.B.—	OBSERVA- CIONES.
	COMPLETA	INCOMPLET	VERTIC.	HORIZ.		
Fitz	-	si	si	-	U.\$ A. 10.600,-	-
Drees	-	-	si	-		Excluida
Fitz	-	si	-	si	\$. 23.750,-	
Escher Wiss	-	si	-	si	\$. 9.300,-	
Charmilles	-	si	-	si	\$. 16.420,-	
Fuermeyer	si	-	-	si	\$. 10.220,-	

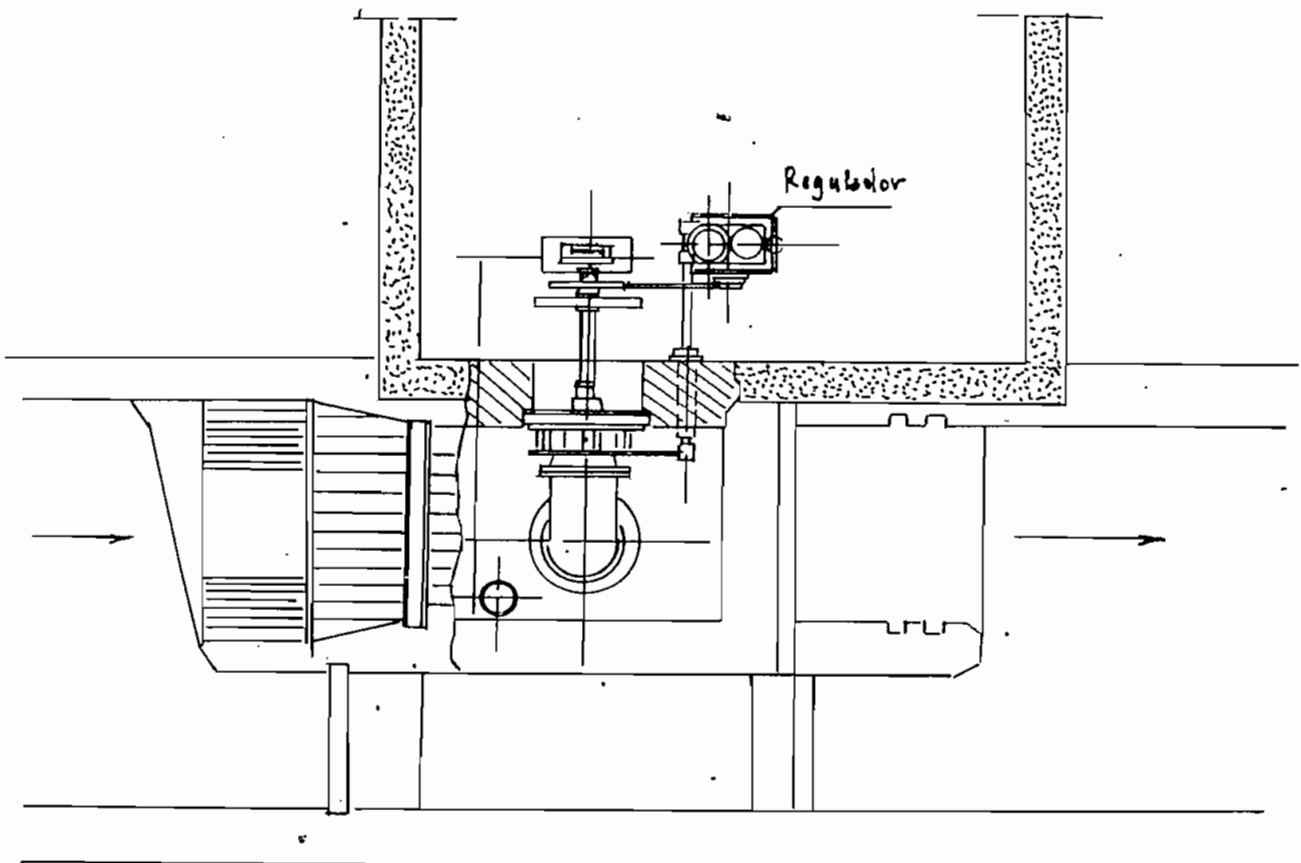
Como se desprende, examinando las diferentes ofertas, la más completa y ventajosa desde el punto de vista económico en lo que se refiere al suministro de las máquinas hidráulicas e implementos anexos es, a paridad de la calidad del material, la de la Casa FUERMEYER & WITTE.; por lo tanto considero la maquinaria ofrecida por la mencionada Casa a instalarse en el proyecto Pintag.

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG.



H = 10 m.
Q = 1500 l/seg.
N = 164 HP.
n = 450 R.P.M.

Esquema " C "

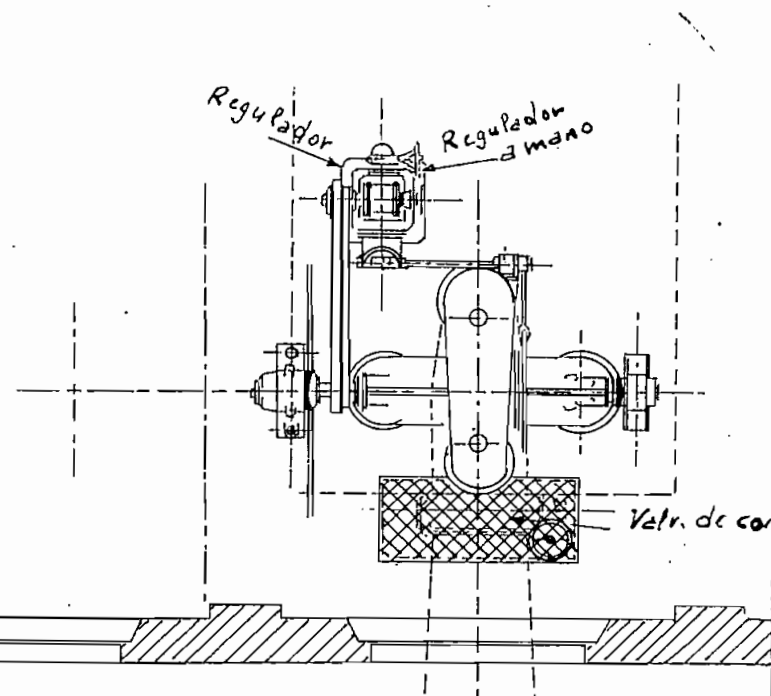
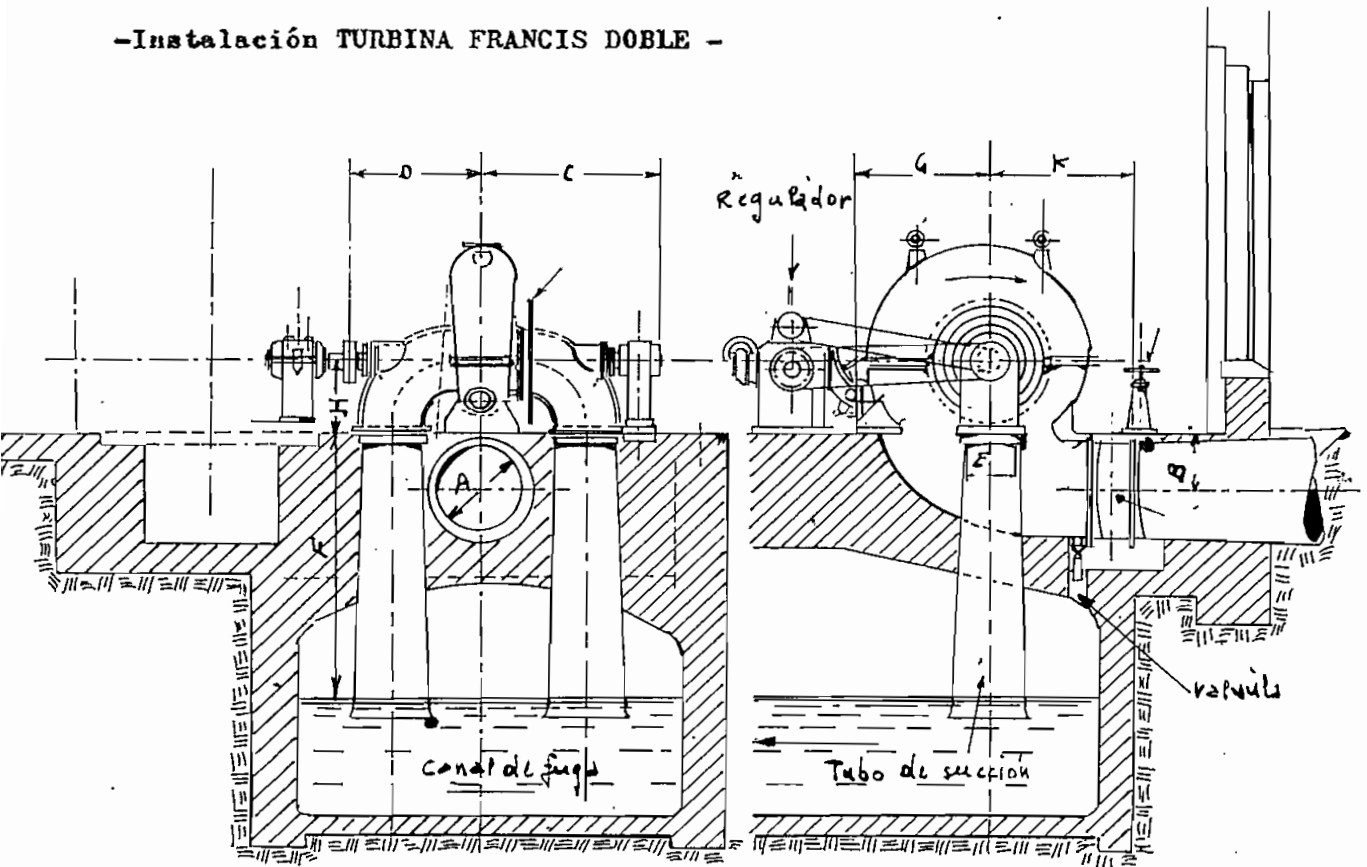


PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG.

Esquema-" D "

Ateliers des Charmilles S.A. Geneve

-Instalación TURBINA FRANCIS DOBLE -



COTAS APROXIMADAS en m/m.								
A	B	C	D	E	F	G	H	K
700	600	1400	1400	650	2750	2800	750	3000

Características:

Caida neta = 10 m

Gasto = 1500 lit/seg.

Potencia 168 HP.

Velocidad 600 R.P.M.

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG

SELECCION DE LA MAQUINARIA

Continuación.

Seleccionado el tipo de turbina a emplearse en el proyecto estudiado, de acuerdo al equipo hidraulico ofrecido por la Casa Fuermeyer & Witte (turbina del tipo Francis horizontal de 250 R.P.M.) hay que relacionar y acoplar el equipo eléctrico (generador) al mismo.

La Casa antes mencionada, ofrece un engranaje de alto rendimiento para pasar de 250 R.P.M, velocidad de la turbina, a 1200 R.P.M, velocidad del generador.

Se pudiera opinar a primera vista que, con un sistema de transmisión con poleas planas o de gargantas para ser accionadas con bandas, o con ruedas de engranajes accionadas con cadena, se pudiera solucionar el problema más economicamente y pasar de la velocidad de la turbina a la del generador sin necesidad de un engranaje cilindrico.

Sin embargo, analizando el engranaje ofrecido, se desprende a primera vista las grandes ventajas que tiene sobre otros sistemas multiplicadores de velocidad aparentemente más baratos, a decir:

alto rendimiento, seguridad absoluta en la continuidad del servicio, ya que queda eliminado el peligro de roturas de bandas, deslizamientos, falta de adhesión, pérdida de potencia por disminución de velocidad que ocasionaría este ultimo defecto, inconvenientes estos propios de otros sistemas de transmisión.

El engranaje cilindrico permite montar el volante sobre el eje del generador (revoluciones altas) y usar un volante lo más liviano posible y más barato.

Relacionando estas consideraciones con el costo del engranaje de \$ 1.084,00, se nota que las ventajas técnicas de funcionamiento y de seguridad que se obtienen, justifican ampliamente el costo del mismo sobre otras soluciones más baratas.

PARTE ELECTRICA- Generador-

Número de revoluciones.

El criterio seguido para llegar a establecer la velocidad del generador en 1200 revoluciones por minuto, ha sido de caracter técnico para lo que se relaciona a frecuencia de 60 periodos por segundo y número de polos; económico sea a los efectos constructivo, sea por la cantidad del material a emplearse en la construcción del mismo, ya que el costo del generador es inversamente proporcional a su número de revoluciones.

1200 R.P.M. representan un punto optimo tanto técnico que económico.

VOLTAJE

El voltaje seleccionado de 6.000 V. para el transporte de energía ha sido tomado de acuerdo al calculo y en consideración de una posible interconexión con las redes de alta tensión de Quito y Provincia del Pichincha, las mismas que son a 6.000 V.

Un punto tomado en consideración ha sido el del voltaje del Generador, por cuanto el mismo hubiera podido ser: Voltaje directamente producido a 6000 V.

Voltaje bajo para elevarse a 6.000 V. con un transformador adecuado. Discutiendo el problema se deduce que un Alternador con voltaje producido a 6.000 V. resulta, por los efectos del material empleado, calidad de aislamiento, de un 25% más caro de un Alternador de características iguales pero a bajo voltaje.

De otra parte para elevar el voltaje para su transporte en la línea de alta tensión, siempre es necesario un transformador elevador, cuyo costo indiscutiblemente hay que tomar en cuenta. Consideradas las dos posibilidades, escojo la solución a bajo voltaje por: el menor costo del Alternador, por lo menos peligroso que resulta el mismo a los efectos del aislamiento en el trabajo y por cuanto la disminución de costo sobre un alternador a 6.000 V. compensa y justifica la instalación de un transformador elevador.

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG

SELECCION DE LA MAQUINARIA

Continuación

PARTE -ELECTRICA-

Para el suministro del Alternador se ha consultado la Casa: The English Electric Company Limited la misma que ha ofrecido un alternador de las siguientes características:

Potencia 108 KW.

R.P.M.-1200

3 fásico 60 ciclos

Voltaje 400 V.

Factor de potencia coseno ϕ = 0,8

Excitatriz acoplada al alternador mediante unión elástica y con su propia chumacera separada.

El valor F.O.B. cotizado, excluyendo el embalaje, ha sido..... U.\$A. 3.934,00

Otra Casa consultada para el suministro del Alternador ha sido la Brown-Boveri y Cia. Alemana, la misma que ha ofrecido un alternador de las siguientes características:

Potencia 130 KVA.

R.P.M.- 1200

3 fásico 60 ciclos

Voltaje 400/231 V.

Coseno ϕ = 0,8

Excitatriz directamente acoplada.

El valor F.O.B. cotizado, excluyendo el embalaje ha sido U.\$A. 3.570,00

Descuento de la Casa sobre el valor mencionado 10 %.

En el precio se incluyen: Una resistencia de reglaje para regular la tensión del generador en el campo de la maquina excitatriz.

Un aparato de maniobra de desexcitación.

Un juego de placas pedestales para el generador.

Examinadas las dos ofertas, se deduce que, a paridad de condiciones y de calidad del material, la más conveniente es la de la Casa Brown-Boveri Alemana.

Para los transformadores, cuadro, y demás implementos electricos, comparando las dos ofertas de las Casas antes especificadas, resulta siempre más barata y conveniente la presentada por la Brown-Boveri Alemana.

Para el suministro de los alambres de la línea de alta tensión, la Casa Inglesa ofrece precios variables de acuerdo a las variaciones del cobre en el mercado mundial; la casa Alemana ofrece precios fijos independientemente de las variaciones del precio en el mercado.

En vista de todo lo que antecede, considero la maquinaria electrica ofrecida por la Casa Alemana la más conveniente a instalarse en el proyecto Pintag.

A terminación del capítulo: SELECCION DE LA MAQUINARIA, la misma queda especificada así:

Parte hidraulica-de la Casa FUERMAYER & WITTE.

Parte electrica de la Casa BROWN BOVERI & Cia. (ambas Casas Alemanas)

Paso ahora a considerar el capítulo: DETALLE DEL SUMINISTRO DE MAQUINARIA Y MATERIALES, conforme a los datos suministrado por las dos Casas antes especificadas.

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG.

DETALLE DEL SUMINISTRO DE MAQUINARIAS Y MATERIALES.

A-Instalación de una Turbina Espiral, Hidraulica, Sistema FRANCIS. con eje horizontal y regulación externa de precisión.

La turbina funcionará bajo las condiciones siguientes:

ALTURA NETA DE CAIDA DE AGUA	H = 10 metros
CAUDAL DE AGUA	Q = 1500 litros por segundo.
POTENCIA	N = 160 CV.
VELOCIDAD	n = 450 r.p.m.
REVOLUCIONES AL SALTO MAXIMO	n = 650 r.p.m.

Rendimiento de la turbina al salto normal de 10 m.

<u>CAUDAL</u>	<u>EFICIENCIA</u>	<u>RENDIMIENTO</u>
1500 litr/seg.	81 %	160 CV. = 117 KW.
1250 " "	84 %	140 CV. = 103 KW.
1000 " "	83 %	110 CV. = 81 KW.
750 " "	81 %	80 CV. = 59 KW.

Partes esenciales de la Turbina :

- CAJA ENVOLVENTE DE LA TURBINA en hierro fundido.
- ANILLO de REGULACION- de hierro fundido, con caja removible y con paletas reversibles, girando en casquillos fuertes de bronce rojo (sistema: " FINK"-)-.
- RODETE- de fundición especial con alas amoladas de acero fijadas en descanso libre, mediante tuerca de fundición de bronce y chaveta de cuña sobre asiento conico.
- REGULACION- completamente fuera de agua, con palancas reguladas por manguitos.
- ASIEN TO DE COJINETES- fuera de agua, en construcción fuerte y sólida de cojinetes de tonelitos o bolas de presión, en lubricación de aceite en caja serrada.
- EJE DE LA TURBINA- de acero Siemens-Martin con soporte de cojinete, como soporte exterior; longitud total: 2500 mm.
- CODO CURVO DE SUCCION- de hierro fundido con tapa para el agujero de mano.
- TUBO DE SUCCION- de 4200 mm. de largo aprox. en construcción de chapas de acero, bridas soldadas, pernos de unión inclusive; tacómetro-manómetro y vacuómetro.

REGULADOR AUTOMATICO DE VELOCIDAD POR PRESION DE ACEITE- Capacidad hasta 125 Kg/m. de energia, completo con pendulo de alta sensibilidad, con regenerador de aceite y contro de presión, inclusive enganche de regulación manual, con polea motriz, contra-polea y banda de accionamiento.

Valores ajustables a cargas variables.

- 25 %	- 50 %	- 100 %
+ 3,5 %	+ 7 %	+ 15 %

de modificación de las revoluciones.

ENGRANAJE CILINDRICO DE ALTO RENDIMIENTO ETLW 320.

Rendimiento maximo de 160 CV.
 Velocidad: n = 450 : 1200 r.p.m.
 Material de primera calidad; dientes de los engranajes rectificadas; cojinetes con rodamientos incorporados. Caja envolvente del engranaje enteramente cerrada, con refrigeración de serpentina incorporada. Dos juntas elásticas incluidos, para conectar la turbina al generador.

VOLANTE POLEA - en construcción de acero fundido de 800 mm. de diametro con cuña cónica de fijamiento para compensar las fluctuaciones de la carga.

=====

DETALLE DEL SUMINISTRO DE MAQUINARIA Y MATERIALES. (Continuación)

UNA VALVULA DE COMPUERTA - de 900 mm. de diámetro interior, en construcción acortada con varilla incorporada; inclusive manivela y rueda de engranaje intermedia.

UNA TUBERIA DE PRESION- en construcción de chapas de acero soldado del espesor de 3 mm. completa de codos, bridas soldadas y una junta de dilatación. (diámetro y longitud conforme el plano de ubicación Casa de Maquinas.)

PIEZAS DE RECAMBIO PARA LA PARTE HIDROELECTRICA - Un juego completo de cojinetes de rodamiento.

Un disco de acero con guarnición de cuero y anillo de tensión para el eje de la turbina y con un cubo de cojinete de bronce especial como soporte para el eje.

Das piezas de paletas conductoras con sus palancas de reglaje y su parte de conexión.

Un juego completo de cojinetes para el engranaje de transmisión.

Un juego de herramienta.

VALOR F.O.B. puerto aleman de la parte hidraulica U.\$.A. Dolares 10.220,00

B-PARTE ELECTRICA.

UN GENERADOR TRIFASICO, SINCRONO - Tipo Wk 168a. marca Brown-Boveri-Modelo B-3.

con excitatriz directamente acoplada-aislamiento tropical-montado sobre cojinetes de rodamiento.

Potencia nominal 130 KVA.

Coseno $\text{Fi} = 0,8$; 60 Ciclos

Potencia útil al eje = 155 CV.

Voltaje : 400/231 V.

R.P.M. nominal = 1200

Velocidad de embalamiento 3600 R.P.M.

Efecto util a la carga completa y $\text{cos. fi} = 0,8 = 91 \%$.

Rendimiento de la excitatriz a $4/4 = 1,8$ KW.

Tensión de la excitación aprox. 42 V.

ACCESORIOS.-

Una resistencia de reglaje para regular la tensión del generador en el campo de la excitatriz, con dispositivo para instalar un cuadro de maniobra y control y al impulso directo de maniobra.

Un Aparato de maniobra de desexcitación como instalación auxiliar para la comutación eléctrica.

Un Juego de placas para el generador.

UN ARMARIO DE MANIOBRA Y DE CONTROL - de 1200mm. de largo 2100mm. de alto y 700mm. de profundidad, en construcción de hierro perfilado para instalarlo libremente en el cuarto de la casa de maquinas. El Armario perfectamente acabado segun los metodos más modernos; en el interior y superficie del mismo se encuentran instalados los siguientes aparatos de control y de indicación para el generador:

Un conmutador Trifasico de rendimiento para corriente nominal de 400 A. y con 3 dispositivos de desenganche termico y de corto circuito al momento de 160-280 A.

Un Conmutador Trifasico. Campo de trabajo del desenganchador del momento de reglaje de corto circuito de 500-2500A. completamente con impulso de estribo y desenganche en caso de subtensión.

Un Regulador de velocidad de tensión compl. con dispositivo de ajuste de resistencia y conmutador, tipo Automatic-Hand-

R. Lanfranco G.

Pasa %

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG

LISTA DE MATERIALES DEL SUMINISTRO DE MAQUINARIA Y MATERIALES (Continuación)

- Amperímetros de 0 a 300 A. para acoplarse al transf. de la corriente 300/5 A. en construcción cuadrada de 144x144 mm.
- Transformadores de la corriente modelo S.T.L.I-300/5 A. Rendimiento de 15 VA.
- Voltímetro de 0 a 500 V. en construcción cuadrada de 144x144 mm.
- Interruptor de Voltímetro con 4 estaciones de interrupción para conmutar el voltímetro a las diferentes fases de la tensión.
- Aparato de bobina giratoria de 0-80 A. con dispositivo de resistencia de derivación para medir la corriente de excitación.
- Voltímetro de bobina giratoria de 0-100 V. Para medir la tensión de excitación.
- Instrumento de medición del rendimiento de construcción electrodinámica con 3 sistemas de medición, campo de trabajo de 0-15-.
- Medidor de voltios al neutro accesible, en construcción cuadrada de 140x140 mm.
- Lamparas de señalación para la sincronización.
- Relé de corriente de retorno.
- Relé de seguridad contra el aumento de la tensión, ajustable en los límites de 50-500 V.
- Contador trifásico para conectarse al transformador 0-300/5 A. para la corriente trifásica a cargas diferentes.
- contactor de desexcitación, tensión de mando 200 V. 60 ciclos.

-
- TRANSFORMADOR TRIFASICO DE CONSTRUCCION EN BAÑO DE ACEITE, TIPO PARA INTERNOS. en construcción para una altura sobre el nivel del mar de 3000 m.
 - Potencia 125 KVA.
 - 00/6000 V. $\pm 5\%$
 - frecuencia 60 Ciclos
 - conexión -estrella triangulo-Zig-Zag.
 - con condensador de aceite, aceite incluido, indicador del nivel de aceite y rodillos de transporte.
 - perdidas en vacío 610 W.
 - perdidas en corto circuito 2750 W.
 - tensión de corto circuito 4 %

- INSTALACION DE LA LINEA AEREA DE ALTA TENSION DE TRES CAMPOS ELECTRICOS.
- tensión en serie 10 KV.
- tensión de servicio 6 KV.
- con paredes intermedias en ejecución de placas DURO de 50mm. de espesor, con rieles colectores, de cobre de 16 mm. con puertas en forma de rejas y con pantallas, aisladores inclusive, con los conductos de conexión internos y con todas las partes de sujeción para los aparatos a incorporarse.
- dimensiones: Longitud 3900 mm.
- Profundidad 1400 mm.
- Altura 3200 mm.

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG

DETELLE DEL SUMINISTRO DE MAQUINARIA Y MATERIALES. (Continuación)

(Incorporado al primer campo-admisión al transformador)

1-Interruptor tripolar de potencia Modelo RBGM - 10-i-3-

para tensión en serie : 10 KV.

Corriente nominal : 400 A.

Potencia de desconexión 12MAV.

con tres fusibles y dispositivo para desenganche automático en caso de fusión de uno de ellos.

(Incorporado en el segundo campo)

Un interruptor Modelo RBGM-10-i-3 idem que el anterior.

(Incorporado en el tercer campo)

Un interruptor Tipo RBGM-10-i-3 como los anteriores.

Acesorios necesarios, como los conductores subterráneos, pernos de sujeción etc..

CABLES DE CONEXION entre el generador y la instalación de conexión de baja tensión.

CABLE DE CONEXION entre el transformador y la instalación de alta tensión.

LINEA AEREA DE ALTA TENSION.

1,8 ton. (15.000 m) de alambre de cobre estirado en frío, desnudo # 6 AWG. de 7 hilos de alambre c/u. de 1.554 mm. de diámetro.

400 m. (43 Kg.) de alambre de cobre desnudo, suave # 12 para amarre.

320 Aisladores de porcelana ST-10.

320 pernos galvanizados de los aisladores, curvos VHS-10/15 F.

5.000 m. (470 Kg.) de alambre de acero de 3,9 mm. de diámetro bien galvanizado.

20 piezas de pernos de unión con entalladura, en ejecución de cobre resistente a la tracción para la conexión de los cables de cobre.

1-Tenaza de muescas para hacer pernos curvos, con dos piezas de repuestos para la entalladura.

1 - TRANSFORMADOR TRIFASICO EN BAÑO DE ACEITE TIPO PARA INTEMPERIE.

con conservador de aceite.

Potencia 25 KVA. Frecuencia 60 ciclos-

Tensión superior 6000 V. + - 300 V.

Tensión inferior 121/210 V.

Tensión de corto circuito 4 %

Para funcionar a 3000 m. sobre el nivel del mar.

3- Transformador Trifasico idem que el anterior pero de 15 KVA.

3 -Transformador Trifasico idem que el anterior pero de 10 KVA.

4- Transformadores MONOFASICOS tipo para intemperie, con conservador de aceite.

Potencia c/u. 5KVA. Frecuencia 60 ciclos

Tensión 6000/121 V. + - 300 V.

2- Transformadores Monofasicos idem que los anteriores pero de 3 KVA c/u.

- 10 -
PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG

DETALLE DEL SUMINISTRO DE MAQUINARIA Y DE MATERIALES (Continuación)

Un armario de maniobra y control para la línea aerea de alta tensión de las dimensiones siguientes:

2200x1000x9000 mm.

Con los siguientes instrumentos incorporados:

1-Interruptor de alta tensión de 400 A. con impulsión lateral.

3-Fusibles de alta tensión en construcción sobre soportes para alta tensión, incluyendo los rieles de tensión colectores.

3-Commutadores encapsulados de fundición, tripolares, de baja tensión: 60 A. con 3 fusibles de 60 A.

Valor F.O.B. puerto Aleman de la parte electrica U.S.A.dolares..... \$ 30.964,00

RESUMEN COSTO DE LA MAQUINARIA.

PARTE HIDRAULICA.....	\$.....	10.220,00
Descuento concedido por la Casa 10%.....	".....	1.022,00
VALOR DE LA MAQUINARIA	\$.....	<u>9.198,00</u>
Gastos de embalaje marítimo	".....	1.030,00
VALOR TOTAL F.O.B. puerto Aleman.....	\$.....	<u>10.228,00</u>

PARTE ELECTRICA.....	\$.....	30.964,00
Descuento concedido por la Casa 10%.....	".....	3.096,40
VALOR DE LA MAQUINARIA.....	\$.....	<u>27.867,60</u>
Gastos de embalaje marítimo.....	".....	3.110,00
VALOR TOTAL F.O.B. puerto Aleman.....	\$.....	<u>30.977,60</u>

PRECIO DE LA MAQUINARIA EN SU TOTALIDAD DOLARES.....\$..... 41.205,60

Peso neto parte electrica kg. 16.540-	Peso con empaque kg. 18.275-
" " " hidraulica " 11.270-	" " " " 18.240-
" " Maquinaria..... kg. <u>28.510-</u>	" Bruto Maquin." <u>32.510-</u>

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG

COSTO DE LA MAQUINARIA PUESTA EN EL SITIO DE LA CASA DE MAQUINAS DE LA CENTRAL.

Para calcular el costo de las maquinas en Sucre se han tomado en cuenta los siguientes factores:

Maquinaria, importación Ley Arancelaria, Lista I.... I \$.....	✓ ..	15,15
Transporte hasta Guayaquil aproximadamente 15% (en relación a 15,15)	..	2,25
Derechos consulares 8-1/2 %	" " " \$..	1,30
Ley de emergencia 5% CIF...= 5% de 17,40	\$..	0,85
Ad-Valorem 5% FOB...= 3% de 15,15	\$..	0,75
Impuestos Adicionales.....= 1% de 17,40	\$..	0,17
" "= 2% de 15,15	\$..	0,30
Valor del factor Dolar.....	\$..	20,77

Valor de la maquinaria CIF.Guayaquil \$ 41.205,60 x 20,77.....	\$	855.849,31
Derechos arancelarios \$ 0,20 por kg. 28.510 x 0,20.....	" "	5.702,00
Gastos aprox.0,5% valor FOB. de la maquinaria	" "	4.279,20
Gastos de Despacho-honorarios despachador aprox.0,8% valor maq." "	" "	6.846,72
Transporte Guayaquil al sitio de ubicación de la casa de Maquinas "	" "	12.000,00

- Valor Total de la Maquinaria puesta en el sitio de utilización. \$ 884.677,23.

Se ha considerado el transporte en camión a decir:

6 viajes de camión a \$ 2.000,00 por cada viaje para un transporte de 325,10 qq.m.

El ferrocarril hubiera cobrado por el flete hasta Quito \$ 0,50 por Kg.(Estación), o sea: \$ 16.257,50. Con el inconveniente de un segundo transporte en Camiones hasta el sitio de la Casa de Maquinas.

R. Lanfranco G.

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG.

COSTO ESTIMATIVO DE LA OBRA.

Para el calculo se han considerado los siguientes costos unitarios:

- Mampostería de piedra: \$/ 180,00 m3.
- Hormigón simple..... \$/ 400,00 m3.
- Hormigón armado..... \$/ 1000,00 m3.
- Movimiento de tierra. \$/ 4,00 m3.
- Escavación en cangahua \$/ 15,00 m3.
- Compuertas \$/ 2500,00 c/u.
- Andenes metálicos \$/ 500,00 c/u.
- Hierro \$/ 200,00 qq.lib.

Costo estimativo para:

OBRAS DE TOMA-con dique-compuertas andenes metálicos y rejilla.....	\$/ 107.000,00
CANAL DE ADUCCION ENTERAMENTE REVESTIDO conforme plano adjunto....	\$/ 65.000,00
TANQUE DE PRESION-DESAGUE-REJILLA-COMPUERTA-Anclaje-	\$/ 55.000,00
ADECUACION CASA DE MAQUINAS.....	\$/ 45.000,00
POSTERIA PARA LA LINEA DE ALTA TENSION.....	\$/ 6.000,00
<u>Valor de las obras.....</u>	\$/ 278.000,00
Gastos imprevistos.....	\$/ 13.000,00
<u>T O T A L</u>	\$/ 291.000,00

Valor de la Maquinaria	\$/ ... 884.677,20
Valor de las obras de fabrica.....	\$/ ... 291.000,00
Valor del montaje de la maquinaria y línea de transm...	25.000,00
<u>G R A N T O T A L</u>	\$/ .1.200.677,20

Costo del Kw. en producción ;

$$\frac{1.200.677,20}{100} = \$/ 12.006,7720.$$

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG.

CONCLUSIONES.-; RECOMENDACIONES-;

El resultado obtenido como conclusión del estudio, objeto del presente trabajo, indica claramente que el costo del Kilowatio en producción de \$/ 12.006,7720 es del todo antieconomico e inaceptable.

De otra parte no sería conveniente tentar de abaratar la obra hidraulica o pedir maquinaria de inferior calidad, lo cual perjudicaría el buen éxito de la instalación.

Se desprende, por lo tanto, que el presente estudio ha puesto de relieve lo inconveniente que resultaría la realización de una obra por lo demás costosa que no justificaría la producción de los 100 KW., en función de cuya potencia se ha realizado el proyecto.

Como recomendación sugiero el estudio de otras posibilidades, con caída de agua de mayor altura y terreno más favorable para la construcción de las obras hidraulicas; lo cual indiscutiblemente llevara a conclusiones más económicas tanto en lo que se refiere a la maquinaria como para el costo de construcción de las obras de fabrica.

De no existir otras posibilidades de aprovechamiento de energía hidrica, se pudiera instalar una planta electrica Diesel de 100 KW. la cual sería la solución inmediata para la población de Pintag, en vista de las plantas electricas de Quito, que, despues de algunos años, estarán en condición de abastecer de energia electrica las poblaciones cercanas.

Como conclusión:

La opinión del suscrito está totalmente en contra a la construcción de pequeñas Centrales electricas, las cuales absorben capitales que muy dificilmente pueden ser amortizados, encarecen el costo del kilowatio en producción y aumentan las dificultades de mantención de la central misma.

Mas bien, las Centrales Electricas del Ecuador deberían ser encuadradas en un plan general de electrificación para todo el Pais, con vista a una interconexión entre las de la Sierra-Costa-y Austro.

=====

PLANTA HIDROELECTRICA DE PINTAG.

BIBLIOGRAFIA.

- " SALTOS DE AGUA Y PRESAS DE EMBALSE" -José Luis Gómez Navarro y José Juan Aracil-
Madrid 1.953-Tercera Edición-Tipografía Artistica.
- "COSTRUZIONI IDRAULICHE -Vittorio Baggi-Torino 1952-Unione tipografico-Editrice
Torinese- quarta edizione.
- "CENTRALI ELETTRICHE" - Mario Mainardis- Milano 1949- Ulrico Hoepli- prima edizione.
- "TEORIA E PRATICA DELLE COSTRUZIONI" Ing.Dott.Mario Corsetti- Torino 1949- G.B.
Paravia.&.C. secondo volume.
- "VADÉMECUM PER L'ING.MECCANICO COSTRUTTORE"-Dott.Ing.Malavasi- Milano 1942 -Ulrico
Hoepli. Ottava Edizione-
- "MACCHINE IDRAULICHE"- C.A.Cavalli-Milano 1943-Ulrico Hoepli- seconda Edizione.
- "IMPIANTI ELETTRICI" - Dott.Ing.Aldo Polettini-Brescia 1953-Società Editrice Vannini
Settima edizione.
- "APPENDICE IMPIANTI ELETTRICI" Dott. Ing. Filippo Tiberio- Brescia 1951 -Società
Editrice Vannini.
- "STANDARD HANDBOOK FOR ELECTRICAL ENGINEERS- McGraw-HIL BOOK COMPANY INC.-1.949-
Eighth Edition.
- "CALCULOS ELECTRICOS DE GRANDES LINEAS DE TRANSMISION"-A.Dalla Verde-Buenos Aires
1953- Librería y Editorial Alsina.
- COSULTAS A LAS CASAS :.
- "FITZ WATER WHEEL CO. HANOVER U.S.A."
- "DRESS & CO. WERLi"- Alemania.
- "ESCHER WISS.G.M.B.H."
- "CHARMILLES " Suiza.
- FUERMEYER & WITTE" Alemania.
- "BROWN BOVERI" Alemana.
- " ENGLISH ELECTRIC COMPANY LIMITED"
- Estudios y relieve topográficos en el terreno de ubicación de la planta.