



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



PLANEACION, DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PRESAS

COMPUERTAS

ING. PORFIRIO CALZADA VILLARREAL

ENERO, 1980



CONFERENCIA No. 1

DEFINICION.

Una compuerta es un obturador variable (movible) que sirve para controlar el paso del agua, y el empleo de éstas es indispensable en una obra hidráulica ya sea para controlar la acumulación de agua mediante el cierre de la compuerta o permitir que fluya un gasto determinado cuando la acumulación sea peligrosa, o bien en su función básica de cubrir una demanda de agua (compuertas de demasias y compuertas de control).

Existen distintos tipos de compuertas, adaptables a distintas condiciones de operación, y podemos clasificarlas atendiendo a su forma de la siguiente manera:

		Deslizantes
		De ruedas
	Planas	De Caterpillar
		De Stoney
		De Charnela
Clasificación de		De Segmento (o Tainter)
Compuertas.		Cilíndricas
	No planas	De Bisagra

COMPUERTAS PLANAS

a) Compuertas Deslizantes.

Estas compuertas (fig.-1) constan de una cubierta plana, reforzada con largueros horizontales y costillas verticales, suele generalmente adaptarse los sellos metálicos aunque también pueden ser de hule.

Estas compuertas están fabricadas de distintos materiales, tales como fierro fundido, acero estructural soldado, concreto, plásticos reforzados, madera, etc.

Normalmente estas compuertas son utilizadas cuando los empujes hidrostáticos son relativamente pequeños como en el caso de aberturas a pequeñas profundidades o que tienen poca superficie, cuando es posible su operación con cargas compensadas, como obturadores de emergencia, en canales, tomas de riego, etc. y pueden ser operados por mecanismos elevadores de tuerca, cremallera o servomotor.

b) Compuertas de Ruedas (fig.-2)

Son parecidas a las compuertas deslizantes con la diferencia que tienen ruedas que apoyan sobre ejes fijos, con objeto de disminuir las resistencias al movimiento de éstas.

Sus sellos pueden ser de hule o metálicos, en este último caso, el plano de los sellos es oblicuo al plano de los rieles, así los sellos hacen contacto total solo al final de la carrera de cierre.

Estos pueden ser totalmente rígidos o apoyados sobre tacones de hule para permitir deformaciones evitando el acúñamiento de las compuertas.

Son utilizadas para grandes empujes hidrostáticos como el caso de grandes aberturas a grandes profundidades y son operadas por mecanismos elevadores de tuerca, servomotor y en algunos casos de malacates.

c) Compuertas de Caterpillar

Son parecidas a las compuertas deslizantes apoyando a través de una cadena de rodillos adaptada a la hoja de la compuerta y son operados como en el caso anterior.

d) Compuertas Stoney (fig. 4)

Es otra variante de las compuertas deslizantes; éstas se apoyan sobre una cama de rodillos que no pertenece a la hoja, la que se mueve a la mitad de la velocidad de ésta con la ayuda de una polea y un cable.

Pueden estar contrabalanceadas, también como los casos anteriores pueden ser operadas por mecanismos elevador de tuerca, servomotor y en algunos casos malacate.

e) Compuertas de Charrilla.

Son fabricadas de muertera semejante a las compuertas deslizantes con la diferencia de que pueden moverse deslizando sobre un plano vertical, éstas se abaten totalmente para su operación ya que están fijadas en su parte superior a unas bisagras; son usadas cuando se necesita permitir el flujo del agua en un sentido e impedirlo en el opuesto.

También éstas son operadas con mecanismos elevador de tuerca, de cremallera, malacate o servomotor.

COMPUERTAS NO PLANAS.

a) Compuertas de Segmento. (Fig. 6)

Consisten de una hoja de forma de segmento cilíndrico reforzada por largueros horizontales y costillas verticales, soportada en dos brazos que a su vez se apoyan en el extremo contrario de la hoja, en chumaceras.

Estas chumaceras pueden localizarse en el eje geométrico del sector cilíndrico permitiendo que la resultante de las cargas hidrostáticas pase por la chumacera, o abajo de este eje geométrico haciendo en este caso que la resultante de las fuerzas hidrostáticas tienda a levantar la compuerta.

Estas compuertas son equipadas con sellos de hule de distintas formas y operadas con malacates.

Son utilizadas en las obras de control de exce

dencias, en obras de toma y algunas veces en canales.

Las compuertas de segmento (fig. 6) tienen más ventajas con respecto a las compuertas planas razón por la cual estas últimas - están siendo reemplazadas por las primeras.

Algunas de estas ventajas son por ejemplo que requieren de mecanismos de operación de menor capacidad para las mismas condiciones de carga, suelen ser de más fácil operación e instalación que las compuertas planas.

b) Compuertas Cilíndricas. (fig. 7)

Constan de un tambor principal al cual va unido un espolón inferior para separar el chorro del cuerpo cilíndrico.

Para operar la compuerta se hace girar el tambor sobre su eje (que va equipado con engranes en los extremos) sobre cremalleras oblicuas localizadas en las orillas del vano.

En México no las utilizamos ya que son muy pesadas y difíciles de construir.

c) Compuertas de Bisagras (fig. 8)

Constan de una cubierta con la forma del simacio sujeta en su parte inferior a unas bisagras, la compuerta funciona con un abatimiento, almacenándose en un receptáculo especial de manera que la superficie mojada de la hoja coincide con la superficie del simacio permitiendo el flujo.

Estas como las anteriores pueden ser operadas con servomotor, mecanismo elevador de tuerca, cremallera o malacate.

COMPUERTAS PLANAS

a) Construcción.

Las compuertas planas, como se dijo anteriormente, constan de una placa reforzada con largueros horizontales y costillas -- verticales, los largueros trabajan a flexión junto con una parte de la cubierta y se apoyan en las costillas verticales, cuando la compuerta es de vigas maestras horizontales o en las vigas maestras verticales. En el primer caso, las costillas verticales pasan su carga a las vigas maestras horizontales que se encargan de transmitirla al marco a través de los sellos y las ruedas o rodillos. -- Cuando la compuerta es de vigas maestras verticales éstas son las que pasan la carga al marco.

Los largueros están dispuestos de tal forma, -- que cada uno de ellos tome la misma carga. La cubierta está sujeta a la combinación de los esfuerzos originados por la flexión de la sección combinada de los largueros y cubierta, con los esfuerzos de ésta trabajando como placa perimetralmente empotrada en los rectángulos formados por los largueros y las costillas.

Los esfuerzos máximos de placa suelen localizarse en los claros superiores al centro de éstas.

El material de las compuertas planas es: fundición gris ASTM-A-48 clase 30 ó 35, si son de hierro fundido y acero ASTM-A-36 con perfiles comerciales fáciles de conseguir en el mercado si son de acero estructural.

Para soldar suele usarse el electrodo E 6010 aplicándolo de la manera más conveniente para evitar torceduras. Los vástagos son hechos de acero A-108 Grado 1020, los tornillos son de Acero A-307 Grados A y B, aunque pueden usarse materiales de alta resistencia en casos especiales, los sellos de hule tienen una dureza Shore 60-70, los sellos metálicos son generalmente de bronce. Las compuertas de plástico pueden ser de resinas poliéster armadas con fibra de vidrio.

b) Instalación.

Para las instalaciones de las compuertas planas habrá de tenerse especial cuidado que las anclas del marco queden perfectamente amarradas al refuerzo de la obra civil, los marcos se instalan poniendo el plano de movimiento de la hoja vertical y perpendicular al sentido de la corriente (en la mayoría de los casos) con la ayuda de tuercas y contratuercas utilizando plomadas.

Una vez fijo el marco, se presenta la compuerta y en casos de que ésta tenga sellos metálicos se prueba el ajuste de los sellos teniendo en cuenta que para suprimir fugas se hacen conexiones a los ductos de ventilación después se cuela, cuidando que el concreto sea de las especificación adecuada, el concreto debe vibrarse. Cuando las compuertas son de ruedas o rodillos hay que comprobar la calibración de éstas para permitir la deformación indicada en los planes electromecánicos.

Las compuertas de fierro fundido deben envejecerse antes del maquinado con objeto de poder corregir en

8
taller las deformaciones. En la obra no se podrá hacer nada para corregir torceduras en estas compuertas. Las compuertas de acero estructural soldado pueden corregirse en la obra con gatos o cordones de soldadura en determinados lugares. El manejo de las compuertas debe hacerse con precaución para evitar dañarlas. Cuando los marcos vienen en partes; habrá que hacer coincidir éstas con ayuda de pasadores cónicos o cilíndricos en los agujeros rimados que para tal efecto se practicaron en el taller. Se atornillarán perfectamente y se soldarán; la soldadura deberá ser aplicada por un soldador calificado cuidando que no se provoquen deformaciones debidas al enfriamiento de la soldadura.

Se deberán calibrar cuidadosamente los límites superior e inferior de la carrera de la hoja ajustando los indicadores de posición y los interruptores-limitadores: "No hacer esto conduce a problemas muy serios, como impactos que pueden destruir el equipo, la obra civil o acuñamientos en caso de que los sellos sean oblicuos al plano de movimientos de la hoja.

Se deberá cuidar que los responsables del montaje tomen en cuenta las indicaciones de los planos electromecánicos y en las especificaciones de los montajes de las compuertas.

c) Operación.

La operación de una compuerta plana es relativamente sencilla. Sin embargo pueden presentarse problemas de distinto orden.

En una obra de toma se tienen por lo común -
compuertas de servicio y de emergencia. Las compuertas de emergencia no de-
ben usarse para controlar el gasto manteniéndose o totalmente cerradas o total-
mente abiertas. Estas compuertas sirven para permitir los trabajos de mante-
nimiento de las compuertas de servicio que están localizadas aguas abajo de --
aquellas. Las compuertas de servicio deberán ser ventiladas con objeto de re-
ducir los fenómenos de cavitación al mínimo. Al bajar la hoja debe tenerse en
cuenta el cuidado de recobrar la parte de vástago que se dejó para prevenir los
efectos de dilatación de éste; también deberá cuidarse de no forzar el vástago -
principalmente cuando el mecanismo elevador es de operación manual y por lo
tanto no hay interruptores limitadores. Al subir la hoja podría ocurrir que el
motor en vez de girar quede bloqueado (esto se detectaría al escucharse un zum-
bido en el motor sin que éste gire). Si esto ocurra, puede deberse a distintas
causas; una de ellas podría ser que la hoja esté en una posición que las fuerzas
de succión son considerables, en este caso deberá bajarse la hoja para subirla
desde su posición más baja, eliminando de esta manera los efectos de la succión;
otra podría ser también que debido a una renovación de los sellos de hule o --
por cualquier otra causa hayan quedado descalibrados éstos con respecto a las
ruedas. Esto puede originar que los sellos tomen más carga que la considera-
da al calcular la capacidad del mecanismo elevador. Si este es el caso, se
recomienda recalibrarlos sellos. Cuando utilizamos sellos metálicos puede su-
ceder que estos se peguen debido a la oxidación o a una excesiva presión en cier-
tas zonas de la superficie sellada. Si esto pasara podría ser buena solución -
vibrar la compuerta o aplicar un desoxidante.

Se recomienda como medida preventiva operar periódicamente en toda su carrera las compuertas para evitar este tipo de problemas. No es recomendable mantener las compuertas mal cerradas de manera que el agua fluya a través de las rendijas formadas entre los sellos de la hoja y el marco; esto puede dañar los sellos por cavitación.

El personal encargado de la operación de las compuertas deberá disponer de los planos electromecánicos de ésta y deberá tomar en cuenta las indicaciones que éstas pudieran contener relativas a la operación de las mismas.

d) Mantenimiento.

Periódicamente deben revisarse las distintas partes del equipo electromecánico sujetas a desgaste o susceptibles de daño o destrucción. En el caso de las compuertas deberemos prestar especial atención a los sellos, tornillos de fijación y calibración de éstos, la superficie de la hoja sujeta a oxidación, el estopado del vástago, las ruedas y sus ejes, los rodillos, los rieles, el vástago, los ductos de ventilación, etc.

Se tendrá que contar con un pequeño almacén de partes de repuesto con objeto de disponer de refacciones en el momento que se necesiten.

Deberán calibrarse los sellos para evitar fugas que pueden cavitarse éstos. En caso de que haya que reponerlos se procederá a hacerlo cuidadosamente para conservar la calibración indicada en los planos electromecánicos. Deberán sustituirse los tornillos que estén dañados y se apretarán los que por motivos de vibraciones se hayan aflojado. Si la compuerta es

de sellos metálicos, se revisarán los ^{tipones} de metal ^{magnoha} procediendo a reponerlo si es necesario.

Se deberá revisar el estopado procediendo a apretar el prensa-estopas, si hay fugas, o a cambiar la empaquetadura cuando se juzgue necesario. Las partes mecánicas maquinadas deberán ser engrasadas periódicamente debiendose lubricar las partes que lo necesiten, también deben inspeccionarse periódicamente las ruedas o rodillos, procediendo a reponer las partes dañadas.

Es conveniente revisar periódicamente la protección a las superficies no maquinadas aplicando, si es necesario, el recubrimiento anticorrosivo recomendado por el Departamento de Ingeniería Electromecánica .

En caso de existir protección catódica - deberá revisarse periódicamente. Deberán tenerse en cuenta todas las indicaciones del Departamento de Ingeniería Electromecánica respecto al mantenimiento preventivo de las compuertas.

C O M P U E R T A S D E S E G M E N T O

a) Construcción.

En los últimos tiempos las compuertas de segmento se han generalizado como vertedoras o de cresta; y aún en las de profundidad están substituyendo a las compuertas planas donde quiera que esto es posible.

En algunos casos, estas compuertas mantienen el almacenamiento total de vasos importantes, en las que la seguridad de la compuerta es vital para la de la presa, de la cual forma parte.

Siendo la seguridad de la compuerta, fundamental para la operación de la presa, aquella debe ser diseñada cuidadosamente en todas sus partes y fabricada siguiendo las mejores técnicas, así como también deberá presentarse mucha atención a la instalación, mantenimiento y operación.

Las compuertas de segmento pueden ser armadas de formas muy variadas, no existiendo un criterio definido para el tipo de configuración de éstas.

La Secretaría acostumbra dos distintos tipos de configuración, pero esto no impide que otra forma estructural pueda ser empleada siempre y cuando presente ventajas; estos tipos de configuración son:

Las compuertas de vigas curvas verticales (fig. 6) y las compuertas de vigas maestras horizontales (fig. 9).

COMPUERTAS DE SEGMENTO CON VIGAS CURVAS VERTICALES.

Las compuertas de segmento pequeñas como las instaladas en los canales y en algunos casos en presas tienen la configuración de vigas curvas verticales.

Constan de una cubierta con forma de segmento cilíndrico donde van instaladas en su perímetro los sellos, reforzada con largueros horizontales los cuales se apoyan en un par de vigas de curvatura vertical, localizados cerca de los bordes verticales de la cubierta. Estas vigas curvas pasan su carga a una serie de brazos que convergen generalmente en el eje geométrico de la compuerta. El número de pares de brazos puede ser cualquiera, la Secretaría de Recursos Hidráulicos acostumbra diseñar sus compuertas con dos pares de brazos localizando los ejes de cada par de manera que la línea de acción de los resultantes bisecte el ángulo formado por los brazos. Cuando la compuerta se encuentre en su posición más baja. El número de largueros es pequeño pudiendo ir desde 3 largueros hasta 15 ó aún más en compuertas relativamente grandes. Estos largueros son formados por secciones "L" "I" o canal según el caso que aune la resistencia a la ligereza, la rigidez y la facilidad en su construcción.

Los brazos suelen ser de secciones "I" con su máximo momento de inercia en dirección horizontal y contraven-
tadas en su dirección vertical.

El diseño de vigas maestras horizontales suele usarse en compuertas relativamente grandes. Las compuertas de esta configuración son más rígidas que las compuertas con vigas curvas verticales, aunque suelen tener más trabajo de soldadura. En estas compuertas los largueros se apoyan en una serie de costillas verticales que a su vez se apoyan en las vigas maestras horizontales que se encargan de pasar la carga a los brazos. Como en las compuertas de vigas curvas el número de brazos puede ser cualquiera. El número de largueros suele ser muy grande pudiendo variar entre 13 y 40 en compuertas relativamente grandes. Para los largueros se usan secciones "L" o ángulos, los brazos son de sección de caja y el resto suele ser de placa de acero soldada.

Las compuertas de segmento se construyen con acero estructural ASTM-A-36 por ser este resistente, de técnica de soldadura común y comercial; Se soldan con electrodo E 6010 con excepción de los cubos de la compuerta que pueden hacerse con fundición gris ASTM-A-48 clase 35 (zunchada con placa A-36), con acero fundido A-128 Grado A o B o con material tubular comercial. Los bujes para las chumaceras se hacen de bronce, los pernos que comúnmente son de acero rolado en frío A-108 Grado C-1020 de acero fundido o material tubular y las guías laterales que a menudo se hacen de fundición gris A-48 clase 30 ó 35.

Se considera que los largueros se refuerzan con una parte de la cubierta que trabaja conjuntamente con ellos y se le llama patín equivalente en flexión que se determina empleando criterios especiales. Esta misma consideración se hace para las costillas verticales, las vigas maestras son soldadas directamente a la cubierta a tope. Los largueros son distribuidos de manera que estos tomen la misma carga, pero se hacen varias distribuciones con distintas secciones para los largueros con objeto de evitar que los profundos se cierren demasiado o que los superficiales se abran exageradamente.

b) Instalación.

Las compuertas muy grandes se transportan en secciones desde el taller donde fueron construidas al lugar donde deberán ser instaladas. Las compuertas tendrán que ser armadas totalmente en el taller con objeto de ser inspeccionadas por el personal de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, procurando no soldar las secciones que se tienen planeado transportar por separado si no uniéndolas con tornillos, el inspector comprueba que la compuerta sea exactamente la que se está pidiendo en los planos, y en caso de que se encuentren errores u omisiones de fabricación son corregidas por el fabricante. Se marcan con letras de golpe y con signos pintados los extremos que han de ensamblarse en el campo con objeto de hacer más fácil el proceso de ensamblaje.

Para la instalación de las compuertas primeramente se debe comprobar la geometría de la obra civil en relación a la de las compuertas con ayuda de instrumentos de medida y con aparatos topográficos. Una vez hecha esta verifica-

cación se colocan las guías y la placa de apoyo de la compuerta; se colocan los soportes de los pernos de chumaceras cuidando que los ejes de giro de éstas coincidan y estén niveladas así como que el eje perpendicular al soporte, guarde la dirección de la resultante (acotada en los planos de la compuerta). A continuación se colocan los brazos y se empieza a armar la hoja de la compuerta de abajo hacia arriba, de manera que se impidan movimientos relativos entre las partes. Se procede a soldar de la manera más adecuada y cuidadosa para evitar alabeos y torceduras. Una vez armada la compuerta se procede a ajustar las guías a los sellos y a los topes laterales de la compuerta por medio de la tuerca y contratuerca de los pernos de anclaje y de los tornillos de fijación y ajuste de los sellos, así como ajustar y nivelar el soporte inferior de la compuerta; a continuación se ajusta el malacate y se procede a operar la compuerta en toda su longitud comprobando su ajuste a las guías a lo largo de toda su carrera, esta operación se hace varias veces tanto en la subida como en bajada hasta que se esté seguro del buen funcionamiento de la compuerta. Posteriormente se cuegan las cavidades que se dejaron para anclajes y ajuste de las partes fijas y se aplica el recubrimiento anticorrosivo adecuado.

c) Operación.

La operación en una compuerta de segmento es relativamente sencilla, limitándose el operador a accionar el malacate manual o a hacerlo funcionar eléctricamente según sea el caso siguiendo las instrucciones de operación de éste.

d) Mantenimiento.

Como en las compuertas planas, se debe contar con partes de repuesto como son tornillería, sellos de hule, topes laterales, etc.

Las compuertas de segmento deberán -- inspeccionarse periódicamente con el objeto de ver el estado en que se encuentra cada una de las partes de la compuerta y corregir los posibles desperfectos cuando sea necesario. Las chumaceras deben -- mantenerse engrasadas, los sellos bien calibrados y la superficie -- de la compuerta perfectamente protegida contra la corrosión.

Se deberá evitar que se acumule tierra en los largueros ya que ésta aparte de constituir un peso extra para levantar, contiene elementos que favorecen la corrosión.

Se recomienda seguir las instrucciones que existen en los planos electromecánicos, así como especificaciones y observaciones especiales escritas o verbales del Departamento de Ingeniería Electromecánica, relativas a la fabricación, -- transporte, instalación, operación y conservación de las compuertas instaladas.

M E C A N I S M O S D E O P E R A C I O N

Los mecanismos de operación son los dispositivos mecánicos que sirven para accionar las compuertas.

Se conocen una extensa variedad de mecanismos de operación tanto manuales como eléctricos difiriendo uno de otros grandemente en sus elementos mecánicos utilizados para la elevación de la carga. A continuación mencionamos los más comúnmente empleados en las obras de la Secretaría de Recursos Hidráulicos.

I.- MECANISMO DE OPERACION DE CABLE Y TAMBOR.

Este mecanismo es generalmente usado para izar las compuertas de segmento, pudiendo usarse en algunas compuertas planas cuando éstas pueden bajar por su propio peso.

Consta de un par de tambores donde se enrollan unos cables que son los que levantan la carga. Los tambores son movidos por un motor eléctrico o manualmente a través de una transmisión de engranes. Pueden ser irreversibles o reversibles en este último caso se ponen frenos para evitar que la compuerta caiga por su propio peso.

II.- MECANISMO DE OPERACION DE CADENA Y CATARINA.

Parecido al anterior usando en vez de cable con tambor, una cadena con catarina.

III.- MECANISMO CON OPERACION DE TUERCA Y TORNILLO.

Este mecanismo es usado para la operación de compuertas planas, en las que el peso de las compuertas no puede vencer las resistencias debidas a la fricción.

La carga es desplazada por un vástago de acero que esta acoplado a un sistema de tuerca tornillo movido por un motor eléctrico o manualmente a través de una transmisión de engranes; es generalmente irreversible.

IV.- MECANISMOS DE OPERACION DE CREMALLERA.

Usados en compuertas planas pequeñas como en los canales revestidos, consta de una cremallera movida -- por un engrane o catarina que a su vez es movida a través de una transmisión de engranes; es generalmente de operación manual; asimismo es reversible.

--- MECANISMOS ELEVADORES DE TUERCA. ---

Los mecanismos elevadores de tuerca (Fig. 10), consisten fundamentalmente de una tuerca de bronce donde atornilla un vástago de acero con cuerda especial para transmitir potencia. La tuerca va unida por medio de cuñas o tornillos al engrane de una transmisión sinfin-corona, si el mecanismo es de operación eléctrica, o de engranes cónicos si es de operación manual.

Esta transmisión es accionada por el motor o manualmente a través de una reducción de cadena o un tren de engranes rectos. La tuerca está montada en rodamientos de empuje axial pudiendo estar las flechas de los demás engranes montadas sobre rodamientos de empuje radial o chumaceras de bronce. Todas estas piezas van montadas en un pedestal, alojadas en cajas con aceite en el caso de mecanismos eléctricos o a la intemperie cuando estos son de operación manual. Los mecanismos elevadores de tuerca operados eléctricamente a menudo tienen una entrada para operarlos manualmente en caso de que falle la corriente cuando se necesite de ellos; para lo cual se ponen dispositivos eléctricos o elementos de seguridad para impedir que llegue la energía del motor a la manivela del operador en el caso de que estando éste operando el mecanismo llegará la corriente eléctrica. La más común de estas protecciones consisten en un interruptor que desconecta al motor cuando es embragado el sistema de operación manual.

b) Instalación.

La instalación de los mecanismos elevadores de tuerca, se lleva a cabo después de que la compuerta y el vástago estén precisamente localizados en su posición definitiva; la parte roscada del vástago se acopla al mecanismo, levantando éste con un montacargas y poniéndolo de tal manera que coincida el vástago con la tuerca. A continuación se dará vuelta manualmente a la tuerca en el sentido de atornillamiento, de esta forma el mecanismo bajará al atornillarse la tuerca en el tornillo hasta que el pedestal toque a la losa de maniobras. En seguida se procede a anclar el mecanismo.

Existen tres tipos de anclaje: El anclaje rígido, donde las anclas van embebidas en concreto y el mecanismo simplemente se fija a la losa de maniobras por medio de tuercas. El anclaje de seguridad, donde las anclas van embebidas en concreto después de la fijación se hace con un sistema de tuercas y tornillos de tal forma dispuestos que a una carga determinada se rompen por cizallamiento unos pasadores dejando al mecanismo suelto e impidiendo que éste siga ejerciendo su carga axial contra la compuerta, el mecanismo se ancla acoplando los pasadores y atornillando el sistema contra la losa de maniobras y el anclaje elástico en el cual las anclas van montadas sobre resortes que sirven para absorber la dilatación y proteger al sistema contra sobrecargas. En este caso el anclaje va acompañado de la calibración de los resortes de acuerdo con las indicaciones de los planos electromecánicos.

Quando el mecanismo es de operación eléctrica, después de anclarlo, se hacen las conexiones eléctricas al motor y se procede a calibrar la carrera de la compuerta fijando los puntos extremos de ésta, para lo cual se ajusta la posición de los interruptores limitadores de carrera y de la leva de operación de éstos

de manera que interrumpan la corriente exactamente en los puntos - donde sea necesario.

Una vez hecho esto, se instalarán los interruptores de protección tanto de operación manual (si existe) - como el de bloqueo y se calibrarán para que operen adecuadamente.

c) Operación.

La operación de los mecanismos elevadores de tuerca es sencilla. Cuando éstos son de operación manual, el compuertero únicamente deberá tener cuidado de recobrar el margen dejado para dilatación al final de la carrera de cierre, no forzar el mecanismo cuando éste se atore o se sienta "duro" y nunca dejar la manivela de operación instalada si no mantenerla guardada en lugar seguro.

En el caso de los mecanismos elevadores de operación eléctrica, deberá recobrar manualmente el margen de dilatación al final de la carrera de cierre de la compuerta, investigar las causas si ocurre un bloqueo y corregirlas si esto es posible, así como reponer los pernos de seguridad en caso de existir éstos. En el caso de que se tenga necesidad de operar manualmente el mecanismo elevador, el operador deberá asegurarse de que nadie tenga acceso a los botones de operación eléctrica ya sea cerrando con candado el tablero o cerrando la caseta de operación sin importar el hecho de que siempre se tendrá interruptor de seguridad para la operación manual.

d) Mantenimiento.

Se recomienda tener un almacén de partes de repuesto en donde se tengan las partes susceptibles de dañar

se durante la operación, como son: engranes, tornillos, rodamientos, tuerca de elevación, pernos de seguridad, flechas, coplas, cuñas, interruptores de límite, fusibles, lubricantes, etc., así como una caja de herramientas apropiadas para las reparaciones en el campo.

Deben inspeccionarse periódicamente los mecanismos elevadores con el objeto de poder controlar el estado de éstos. Aunque el equipo electromecánico que se encuentra en servicio en las obras de riego no está sujeto a un trabajo constante que pueda implicar fallas frecuentes por fatiga o por desgaste debe considerarse que las consecuencias de un defecto en este tipo de equipo pueden ser catastróficas por lo que ésta totalmente justificando la aplicación de programas de mantenimiento preventivo. Periódicamente deben calibrarse los dispositivos de control de la carrera y del bloqueo, asimismo como mantenerse perfectamente lubricadas las partes que así lo requieran. En los mecanismos manuales donde los engranes están a la intemperie debe limpiarse éstos cambiándoles la grasa para evitar que el polvo acumulado en ésta dañe los dientes de los engranes. Las cajas no herméticas como las guardas de las transmisiones de cadena deben limpiarse periódicamente. Al conseguir partes de repuesto deberá tenerse cuidado de que éstas sean de material de la pieza original especialmente en los pernos de seguridad que están calculados para que fallen a una carga determinada.

Se recomienda seguir las indicaciones existentes, así como las recomendaciones del Departamento de Ingeniería Electromecánica referentes a la instalación, operación y mantenimiento de mecanismos elevadores.

-- MECANISMOS ELEVADORES DE TAMBOR --

Los mecanismos elevadores de tambor (llamados malacates de tambor) son usados en la Secretaría de Recursos Hidráulicos en una extensa variedad siendo los más comunes los de doble tambor, de accionamiento manual o eléctrico, con uno o dos cables por tambor. Estos mecanismos generalmente no llevan polipasto, fijando los extremos de los cables a dispositivos de igualación, como son templadores y balancines, con objeto de lograr que todos los cables soporten la misma carga. Los tambores pueden no ser ranurados, dependiendo de la capacidad del mecanismo. Cuando el tambor es de dos cables, éstos se forman de uno solo ajustando en el centro del tambor por medio de una zapata de acero y enrollando hacia ambos extremos, sobre ranurados helicoidales simétricos respecto de dicha zapata. Si el tambor es de un cable, éste se fija en un extremo de aquél por medio de herrajes especiales y enrolla hacia el otro extremo; en este caso el tambor no lleva ranurado.

En los mecanismos elevadores de doble tambor, con dos cables por tambor, la igualación de los cables del mismo tambor se hace con un balancín llamado barra igualadora y la del otro se hace acoplando a una de las barras igualadoras un templador, mientras que en la otra se acopla un herraje especial llamado estribo de suspensión.

En algunas presas, generalmente para izar compuertas planas, se suelen usar mecanismos elevadores de doble o simple tambor, con polipasto. En el caso más simple, los cables bajan del tambor, dan la vuelata alrededor de unas poleas fijas de acero y suben, fijándose en unos herrajes especiales en el puente de maniobras, las garruchas van provistas de sistemas apropiados para el izaje de la carga como ganchos, estribos de suspensión, templadores o adaptadores especiales.

Para el izaje de los obturadores de emergencia suelen usarse grúas formadas por malacates de doble o simple tambor montados sobre una estructura de acero provista de ruedas. Esta estructura se mueve a lo largo del puente de maniobras sobre rieles, con objeto de llevar las secciones del obturador a donde sea necesario.

Los tambores pueden construirse con ranuras profundas, de forma anular, de manera que pueda alojarse un cable por ranura. Estos cables van ajustados a una barra de acero y pueden ser igualados inicialmente con tensores, manteniéndose esta igualación gracias a la elasticidad de los cables.

Algunos malacates van provistos de un contrapeso, de tal forma dispuesto, que en cualquier posición el sistema se le encuentra en equilibrio. De esta manera la energía que se le proporciona al mecanismo es únicamente la indispensable para vencer las resistencias debidas a la fricción.

Como ventaja adicional se tiene que los mecanismos no necesitan ser irreversibles ni es necesario el uso de motores con freno. Otra ventaja es que cada uno de los elementos de la transmisión son pequeños y por lo tanto de bajo costo. Los contrapesos no solamente pueden montarse en los malacates, sino que estos pueden ser adaptados a las compuertas, obteniendo los mismos resultados que cuando se adapta a los malacates.

Un método interesante es aquel en el que la misma carga sirve de contrapeso al tambor. Podemos considerar al fenómeno como un caso de retroalimentación de la carga (fig. 11).

Con este proceso se pueden elevar grandes cargas con una fuerza mínima, siempre que la diferencia de diámetros del tambor sea pequeña. Este tipo de malacates no son utilizados por la Secretaría de Recursos Hidráulicos debido a la gran cantidad de cable que requieren para elevar la carga a una determinada longitud, pero podrían ser recomendables para casos de cargas muy grandes a carreras excesivamente cortas, como cuando es necesario desacuñar una compuerta plana.

La transmisión de la energía desde el motor o palanca de operación a los tambores, se lleva a cabo a través de un reductor de velocidad común a los dos tambores, el cual entrega su energía a cada uno de éstos ya sea directamente o a través de reductores de velocidad acoplados a cada tambor.

El reductor de velocidad común a los dos tambores, el reductor puede ser una unidad comercial que

cumpla con los requerimientos de servicio o puede ser formada por una serie de pasos de reducción de engranes, pudiendo ser cualquiera el tipo de los engranes. Este reductor de preferencia debe ir montado en una caja hermética, aunque existan en la Secretaría de Recursos Hidráulicos malacates de operación manual con reductores de velocidad que no están protegidos por una caja. La salida de este reductor puede ser doble o simple, es decir, puede entregar su energía por separado a cada uno de los tambores pero a la misma velocidad o entregar su energía a una flecha que la distribuya a cada tambor.

Los reductores de velocidad acoplados al tambor son por lo general formados por trenes de engranes rectos de uno o dos pasos de reducción, esto no implica que pueda utilizarse otro tipo de elementos de transmisión, sin embargo el uso de engranes rectos ha sido totalmente satisfactorio para este tipo de trabajo.

Los malacates de accionamiento eléctrico deben llevar una entrada para la operación manual cuando necesiándose de éstos no se tenga disponible la energía eléctrica, esta entrada puede hacerse para la misma flecha que se acopla al motor o intercalarse entre dos pasos de reducción por medio de mecanismos especiales, además deberá disponerse de los elementos de protección necesarios para evitar que queden vinculados al motor y la palanca de operación manual rígidamente y con posibilidades de que aquél pueda arrancar durante la operación manual.

Los materiales empleados en la construcción de estos mecanismos son muy variados, debiendo de tener cierto tipo de propiedades como son: resistencia al choque, a la corrosión, a la abrasión, además deberán ser de fácil adquisición en el mercado y relativamente baratos. Correspondiendo al proyectista la selección de los que cumplen con las exigencias del proyecto.

Instalación.

Durante el proceso de fabricación de los mecanismos de operación de cable y tambor la Secretaría de Recursos Hidráulicos asigna personal técnico para realizar inspecciones periódicas que controlan que la fabricación sea de acuerdo con lo indicado en los planos electromecánicos; los cables deben ser de la construcción indicada, las medidas deberán estar dentro de las tolerancias permitidas, los engranes tendrán que ser cortados apropiadamente, etc., con objeto de asegurar un buen funcionamiento de los mecanismos al terminar la fabricación de los malacates y si éstos fueron construidos apropiadamente el inspector de la Secretaría expide un certificado aprobatorio, así mismo da la orden de transporte de ellos al lugar donde se habrán de instalar. La instalación de los malacates se hace después de haber instalado las compuertas. Antes de instalarlos se debe verificar que ninguna pieza de los mecanismos se haya dañado en el transporte, ya hecho esto se procede a colocar cada uno de los conjuntos parciales en los pernos de anclaje que debieron colocarse con anterioridad en el puente de maniobras, ya hecho esto se acopla el cable a las compuertas comprobando que éste no vaya a rozar con alguna de las partes fijas del mecanismo o con el puente,

esto puede deberse a que el cable no esta bajando por el lado correcto del tambor, que las anclas no fueron fijadas correctamente en relación con el agujero en el puente para el paso del cable o a defectos en el dimensionado de la base del malacate, en todo caso se deberá de hacer la corrección apropiada para que los cables no hagan contacto con partes fijas. Al acoplar las flechas se cuidará de que éstas queden alineadas principalmente en las flechas del motor y de entrada donde las velocidades son muy altas, también se deberá comprobar la distancia entre centros y el paralelismo de flechas en las transmisiones de engranes, así mismo -- comprobar que todos los tornillos, tuercas, cuñas, candados, arandelas, pernos y demás elementos de ajuste estén debidamente colocados. Una vez armado el malacate se harán las conexiones eléctricas y se verificará la operación de éste comprobando primeramente que los cables de ambos tambores estén sujetos a la misma carga; esta operación debe hacerse con ayuda de el templador que se encuentra instalado en el cableado de uno de los tambores, primero se verifica visualmente la forma en que la compuerta hace -- contacto con la placa de asiento, si primero recargara un lado y después otro habrá que corregir atornillando o desatornillando el templador según sea necesario, esta misma operación se vuelve a hacer de nuevo con ayuda de calibradores, niveles y otros instrumentos de medida; de esta manera se asegura que los cables soporten la misma carga y se evitará acuñaamiento de la compuerta.

Operación.

Salvo los cuidados que deben tenerse para absorber la dilatación del vástago podemos decir lo mismo que

se dijo en la conferencia anterior, en lo que respecta a la operación de los mecanismos elevadores de cable y tambor.

Mantenimiento.

Primeramente quiero aclarar que el almacén de partes de repuesto a que me he venido refiriendo a lo largo de estas pláticas debe ser uno común a todo el equipo instalado en la obra.

Particularizando a los mecanismos de cable y tambor, deberá contarse con la longitud de cable equivalente al montado en un tambor y de las mismas características de montaje y construcción, así como piñones, engranes, flechas, chumaceiras, en cuñas y demás elementos susceptibles de dañarse, deberá contarse además con una adecuada cantidad de los lubricantes recomendados para este equipo, así mismo fusibles, interruptores de límite, arrancadores y demás elementos eléctricos susceptibles de dañarse, se debe contar con las herramientas necesarias para llevar a cabo tareas de mantenimiento preventivo como son: Inyectores de grasa, llaves de tuercas, desarmadores, pinzas, extractores de rodamientos, etc.

Periódicamente debe verificarse la calibración de los dispositivos de control de la carrera, así como alinear flechas, engrasar y cambiar aceite en los reductores en baño de aceite, recalibrar los coples limitadores de par si existen y revisar las partes susceptibles de dañarse.

Si al pasar una estopa a lo largo de un cable se quedan hilos enganchados en puntas de alambre roto, esto es señal de que el cable está fatigado por lo que debe ser cambiado, así mismo deben ser inspeccionados periódicamente para-

determinar cuando, aparentemente no existe lubricación ya entre los alambres e intersticios, si esto pasa se recomienda usar un lubricante de buena calidad que penetre y se adhiera al cable, éste deberá ser totalmente neutro; es muy importante manejar el cable correctamente para evitar daños antes de ser utilizado, por lo tanto se sugiere para extraer el cable de un carrete colocar una barra a través del centro de éste y levantarlo por medio de gatos o bacos de tal forma que gire libremente, teniendo cuidado que el cable que quede dentro del carrete no se afloje para evitar que salte por los lados y forme "cocas" que lo dañen, esto puede evitarse controlando la velocidad al desenrollarlo, colocando en uno de los bordes del carrete un pedazo de madera que actúe como freno. Si un carrete con cable de acero está colocado con su eje vertical al piso y se extrae el cable sacando vueltas por arriba se formaran espirales que fácilmente se formarán en "cocas" que dañarán el cable. Cuando el cable se maneja en rollos, hay únicamente una forma correcta de desenrollarlo, una persona debe sujetar el extremo del cable mientras la otra rueda el rollo sobre el piso, permitiendo que el cable se desenrolle en forma natural evitando espirales. Si se desenrolla cable de un rollo que esté descansando horizontalmente en el suelo se formarán espirales que al menor descuido se convertirán en "cocas" dañándolo.

Las partes de repuesto deben estar protegidas con una pintura a base de productos del petróleo, soluble en gasolina con objeto de evitar la oxidación, mismas que se lavarán perfectamente con gasolina cuando se vallan a usar los rodamientos, con excepción de que deben guardarse en su caja como vienen de fábrica.

Los engranes que no están protegidos - por una caja hermética deberán limpiarse periódicamente cambiándoles la grasa que puede estar contaminada por polvo, insectos, agua, etc.

En todo caso se recomienda seguir las indicaciones del Departamento de Ingeniería Electromecánica respectivas al mantenimiento de los mecanismos elevadores de cable y tambor, así como acudir a este Departamento cuando sea necesario.

-- OTROS MECANISMOS --

Aparte de los mecanismos de operación de tuerca-tornillo y los de cable-tambor, existen una diversidad de dispositivos que pueden usarse para la operación de las compuertas, entre los cuales podemos citar los siguientes:

MECANISMOS ELEVADORES DE CADENA Y CATARINA

De construcción muy parecida a los de cable-tambor con la excepción de que en vez de usar cables para el levantamiento de la carga usan cadenas movidas por una rueda dentada llamada catarina. Las cadenas son de eslabones pivoteados en -- pernos, pudiendo ser cada eslabón de dos, cuatro o seis placas, según la capacidad de la cadena, los pernos no van provistos de rodillos como en el caso de las cadenas para transmisión de potencia o para transportadores. Estas cadenas son llamadas tipo Gallo.

Las catarinas son de dientes standard y el número de dientes es ésta de 11 que es el mínimo permitido. Estos mecanismos no van provistos de templadores ni balancines de igualdad, ésta se puede hacer en el taller presentando las cadenas de manera que éstas queden al mismo nivel y después trazando en las -- flechas de la catarina el lugar donde se cortará el cuñero, otras veces las flechas y las catarinas son estriadas por lo que el ajuste se hace girando las catarinas antes de acoplarse a las flechas -- hasta que se tengan las cadenas igualadas. Con el objeto de conservar esta

igualación a lo largo de la carrera de izaje de las cadenas, éstas -
deben maquinarse dentro de tolerancias muy rígidas.

Las transmisiones de engranes son seme-
jantes a las de los mecanismos de operación de cable-tambor, así co-
mo los dispositivos de control de carrera, sistemas de limitación de
par, etc.

Estos mecanismos son de operación eléc-
trica y de capacidades altas.

La instalación, operación y mantenimien-
to es semejante a la de los mecanismos de operación de cable-tambor.

MECANISMOS DE OPERACION DE CREMALLERA

Si a un mecanismo de operación de cade-
na fijamos ésta a una barra rígida obtenemos un mecanismo de opera-
ción de cremallera, este tipo de mecanismo es usado cuando se requie-
ren las ventajas de las cadenas necesitando además que el elemento -
que mueve a la carga no nada más opere en tensión sino aun también -
que opere en compresión. Estos mecanismos son poco utilizados en la
Secretaría de Recursos Hidráulicos, siendo una de sus utilizaciones-
los mecanismos de las compuertas planas para canales revestidos, que
utilizan una cadena de bicicleta soldada a una columna de acero.

Las cremalleras no nada más pueden ha-
cerse a partir de cadenas fijas a una columna, podemos fabricarlas -
con pernos fijos a dos secciones laminadas formando una escalera, -
cremalleras fundidas o cortadas especiales para engranar con piñones
rectos o helicoidales, por lo demás, la construcción, instalación, -

-- OTROS MECANISMOS --

Aparte de los mecanismos de operación de tuerca-tornillo y los de cable-tambor, existen una diversidad de dispositivos que pueden usarse para la operación de las compuertas, entre los cuales podemos citar los siguientes:

MECANISMOS ELEVADORES DE CADENA Y CATARINA

De construcción muy parecida a los de cable-tambor con la excepción de que en vez de usar cables para el levantamiento de la carga usan cadenas movidas por una rueda dentada llamada catarina. Las cadenas son de eslabones pivoteados en pernos, pudiendo ser cada eslabón de dos, cuatro o seis placas, según la capacidad de la cadena, los pernos no van provistos de rodillos como en el caso de las cadenas para transmisión de potencia o para transportadores. Estas cadenas son llamadas tipo Gallo.

Las catarinas son de dientes standard y el número de dientes es ésta de 11 que es el mínimo permitido. Estos mecanismos no van provistos de templadores ni balancines de igualación, ésta se puede hacer en el taller presentando las cadenas de manera que éstas queden al mismo nivel y después trazando en las flechas de la catarina el lugar donde se cortará el cuñero, otras veces las flechas y las catarinas son estriadas por lo que el ajuste se hace girando las catarinas antes de acoplarse a las flechas hasta que se tengan las cadenas igualadas. Con el objeto de conservar esta

operación y mantenimiento de estos mecanismos es semejante a los anteriormente citados de cable o de cadena.

MECANISMOS DE OPERACION DE TUERCA EMBALADA

El elemento de izaje es un vástago con una rosca que tiene una sección tal que forma pistas redondas donde pueden rodar balines de acero, este vástago atornilla en una tuerca; con cuerda interna del mismo tipo a la del vástago, entre los canales formados por las cuerdas de la tuerca y el vástago circulan balines de tal forma guiados que no se salen por los extremos de la tuerca sino que vuelven a ser regresados al principio de su trayectoria por medio de tubos especiales convenientemente dispuestos en la tuerca, este mecanismo es de muy alta resistencia siendo además reversible, esto último no constituye de ninguna manera una desventaja ya que -- siendo utilizados en compuertas planas donde las resistencias debidas a la fricción son mayores que el peso, no existe peligro de caídas e impactos de las compuertas, salvo esto, podemos decir lo mismo que se dijo para los mecanismos de operación de tuerca-tornillo.

MECANISMOS DE OPERACION HIDRAULICOS

Los mecanismos de operación hidráulicos, son ampliamente utilizados en las obras hidráulicas, pudiendo ser manuales o eléctricos. La secretaría de Recursos Hidráulicos -- los utiliza para la operación de algunas válvulas de mariposa aunque pueden adaptarse a cualquier uso.

En estos mecanismos la carga es elevada utilizando en émbolo que impulsado por aceite a presión se despla

za dentro de un cilindro, el émbolo se acopla a eslabones apropiados que a su vez son ajustados a la compuerta. El aceite usado es de baja viscosidad y las presiones de éste dentro del cilindro no son mayores de 150 kg/cm² dependiendo de la bomba utilizada en el circuito hidráulico. Los émbolos van provistos de collarines de PL los que pueden tener forma de vaso, collarines con sección "U", con sección "V" o los llamados anillos "O", siendo los más usados los dos primeros. El cilindro es armado con tubo de pared gruesa, en cuyos extremos se le acoplan cabezales especiales ajustados con barras de tensión, ambos cabezales suelen tener válvulas de amortiguamiento para preveer choques. Así mismo uno de ellos tiene un agujero para la salida del vástago del émbolo provisto de estopero y prensa-estopas. Las bombas son llamadas de desplazamiento positivo, pudiendo ser de distintos tipos, como puede ser: bombas en engranes exteriores, de engranes interiores, de leva y pistón, de lóbulos, de tornillos de paletas oscilantes, paletas deslizantes, celulares de émbolo, de diágragma, etc. Los ductos pueden ser de tubería de acero o mangueras reforzadas, para conducir líquidos a presión, para controlar el movimiento se usan una serie de válvulas de las cuales las más normales son las llamadas de cuatro pasos, que pueden ser manuales o automáticas por medio de solenoides o de los pilotos hidráulicos, existen también válvulas para controlar la velocidad, de presión, de relevo, así como válvulas de seguridad; los controles de carrera pueden ser eléctricos operando sobre los circuitos del motor o de los solenoides de las válvulas de cuatro pasos mecánicos operando sobre las válvulas de cuatro pasos o hidráulicos cuando estas últimas tienen pilotos hidráulicos. El control

del bloqueo se puede lograr con las válvulas de seguridad o con limitadores de presión. Los dispositivos de operación manual son pequeños gatos hidráulicos adaptados apropiadamente al circuito movidos por una palanca pivotada en un extremo y ajustada al émbolo del gato.

I N S T A L A C I O N

Al instalarse este equipo debe tenerse cuidado que no haya fugas a lo largo del circuito hidráulico, además habrá que comprobar el funcionamiento de las válvulas de control y seguridad.

O P E R A C I O N

Los mecanismos de operación hidráulicos son de fácil manejo, el operador se limita a arrancar el motor operar la válvula de cuatro pasos y comprobar la posición de la compuerta para parar el émbolo justamente donde sea necesario.

M A N T E N I M I E N T O

Periódicamente deben de recalibrarse las válvulas de seguridad, cambiar empaquetaduras, comprobar si no existen fugas en el circuito hidráulico, verificar el estado de aceites y cambiarlos cuando sea necesario limpiando el tanque de almacenamiento, los filtros deberán ser limpiados o removidos periódicamente según sea el tipo del filtro, así mismo se deberán vigilar el estado de los collarines del émbolo, las reparaciones de las bombas y dispositivos de control deben ser hechas en talleres especializados. Las partes susceptibles de deterioro que requieren repuesto en el almacén son: collarines, empaque, filtro, tubería, etc.



centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam



PLANEACION, DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PRESAS

TUBERIAS REFORZADAS

ING. LUIS HERNANDEZ ZEPEDA

ENERO, 1980



- Definiciones.- Arreglo general y descripción de las diversas partes que figuran en las tuberías. (1)

Las tuberías forzadas son las que conducen grandes gastos de agua. Contrariamente a otros medios de conducción, en ellas el agua circula a presión y en virtud de que el material con que se fabrican generalmente es el acero, tienen espesores relativos muy bajos (relación de espesor a diámetro menor de 0.015), los diámetros son importantes en razón de la limitación de la velocidad del agua.

Las tuberías se instalan dentro o fuera de los túneles diseñados con la obra de toma, que a menudo es el de la obra de desvío al río al construir la presa. Su trayectoria es determinada por los puntos en que deba descargar el agua y puede terminar a la salida del túnel del que constituye solamente su coraza.

Es más conveniente instalarla despegada del suelo que descansando en él o enterrada. Por eso se le hace descansar sobre silletas y cuando hay claros que salvar se le suspende como en un puente colgante.

Se evita que las tuberías que se instalan en pendiente descendente tengan cambios bruscos de pendiente.

Tomaremos una tubería tipo de la que puedan resultar variantes para todos los casos.

En el túnel se pone un tapón en el que se embebe un tramo del tubo (o lo es de todo lo largo del túnel). Este es el tubo coraza del tapón.

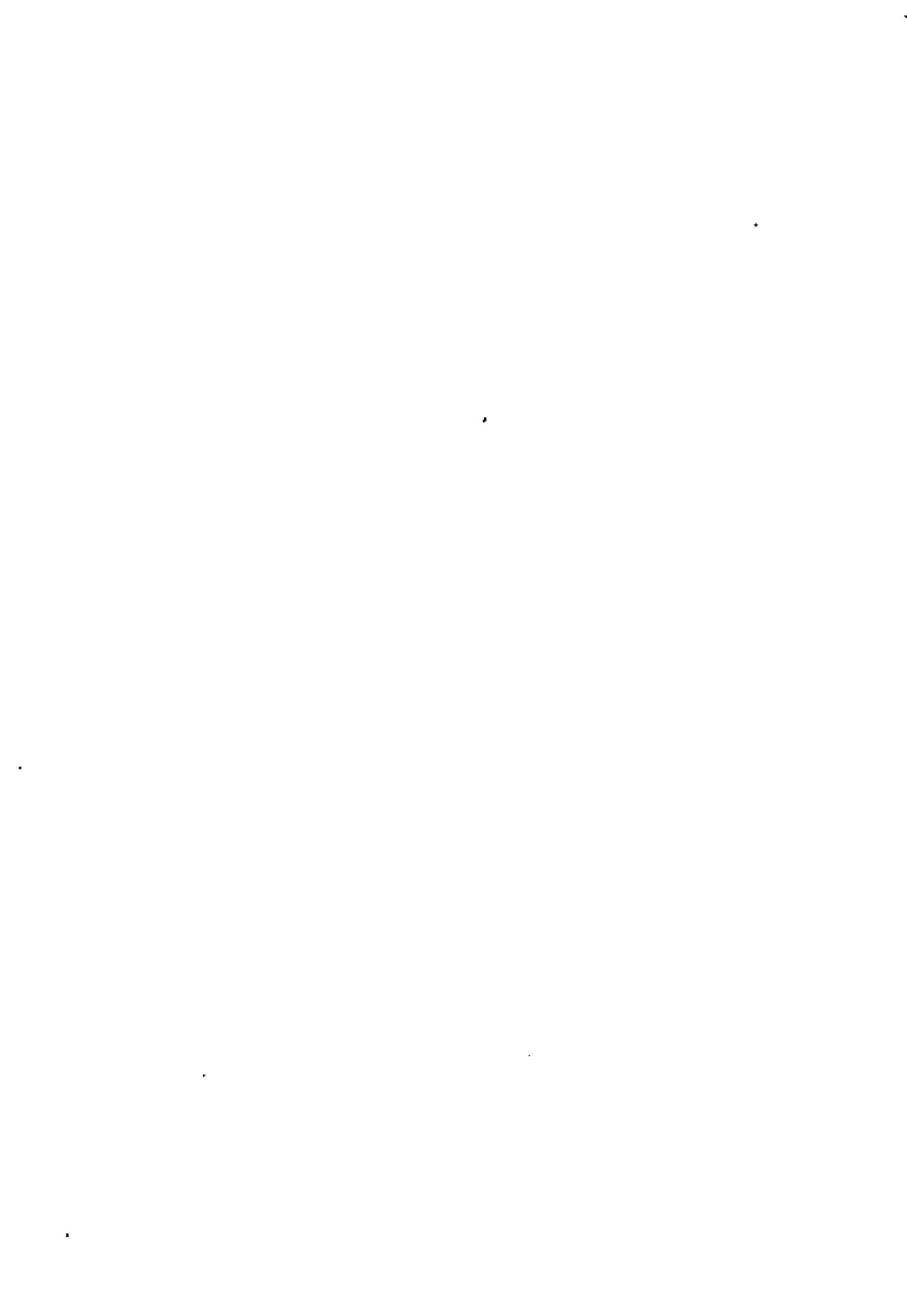
A la tubería se le provee de dos obturadores: uno que es la válvula de servicio en la extremidad aguas abajo y otro que es el de emergencia, que aísla totalmente a la tubería del vaso. Este obturador puede ser una compuerta cuya posición puede estar o en la toma o antes del tapón o bien una válvula que se sitúa a la salida del tapón.

Los apoyos se colocan a distancias que pueden ser de 5 a 7 veces el diámetro del tubo, sin que esto sea una regla rígida.

En las secciones de la tubería que descansan sobre sus apoyos, hay refuerzos que según el caso son simples aumentos de espesor de la placa, o bien uno o dos anillos atiesadores que pueden deslizarse directamente sobre las silletas en un segmento de su perímetro o a través de unas piernas o columnas. Estas formas de apoyo dependen del diámetro de la tubería.

Cuando se organiza el apoyo con columnas estas transmiten el peso del tubo a través de placas deslizantes, de rodillos o de balancines.

Para absorber las dilataciones, se interrumpe la tubería y se coloca un prensa estopa llamado junta de dilatación. La tubería debe tener apoyos fijos a uno y a otro lado de esta junta y a distancias iguales; pero es más necesario que las juntas queden equidistantes del apoyo fijo atraque.



En las presas del País tenemos dos tipos de válvulas de servicio: las antiguas de aguja y las modernas de chorro divergente (Howell Bunger). Para las válvulas de emergencia se emplea una válvula de mariposa.

Una tubería principal deriva a veces importantes gastos de agua en el curso de su desarrollo; por lo que se desprenden de ella "las derivaciones" y si es en su extremo, se le bifurca o trifurca. Cada una de estas derivaciones y ramales requieren sus válvulas de operación.

Hay elementos secundarios, como las inserciones, drenes, válvulas de aire, tubos de rodeo y sus válvulas de operación, etc.

2.- Los fenómenos hidráulicos en las tuberías.- Funcionamiento de las tuberías.- Golpe de ariete. (2)

Los fenómenos hidráulicos en las tuberías derivan de la presión y de la velocidad del agua por una parte y de la forma y calidad de las superficies por la otra.

Tanto la calidad de las superficies como la forma e incidentes de la tubería (toma, codos, conos, válvulas, etc.) absorben energía que se valda con las pérdidas de carga tanto más importantes cuanto mayor es la velocidad del agua.

La energía absorbida se disipa finalmente en calor, después de que ha generado vórtices, los que la gastan en fricciones entre sí y las paredes del tubo con las que chocan al mismo tiempo que se desarrollan movimientos transversales del agua, del tubo y de las paredes de este.

La formación de vórtices se debe a que dos filetes fluidos contiguos llegan a poseer velocidades distintas. La fuente más importante de vórtices es la cavitación.

Cuando por un obstáculo u oquedad en el interior del tubo los filetes fluidos cambian bruscamente de dirección dejando un hueco en el seno de la corriente o simplemente generándose una diferencia de velocidades de los filetes fluidos, se produce una depresión, que si la presión del medio es baja, tal depresión llega a un valor que provoca la formación de vapor de agua, cuya tensión llegó a equilibrar la presión ambiente pero el vapor es arrastrado por el agua; se repite el ciclo, cada uno de los cuales hace desprender un vórtice. Este fenómeno hace que los filetes de agua golpeen rítmicamente.

Como la cavitación es consecuencia de una depresión, (fuera de tratar de suprimir la causa), se le alivia ventilando la zona donde se produce, lo que se hace así es colmar la depresión.

La cavitación es un fenómeno perjudicial porque oxida muy rápidamente el material (acero) del lugar donde se produce y los choques o presiones de los vórtices pueden tener una frecuencia que iguale a la frecuencia natural del tubo el que entra en resonancia y se pone a vibrar. Estas vibraciones llegarían a destruir la tubería si no se le remedia, cambiando su frecuencia natural con un soporte intermedio entre los apoyos consecutivos.

El fenómeno de la cavitación es pues un fenómeno en que la velocidad y la presión del agua actúan de manera opuesta.

Dondequiera que el agua lama las paredes con velocidad, hay pérdidas por fricción, pero las formas que toma la tubería en sección o en su trayectoria dan lugar a otras pérdidas y podemos señalar aquí entre otras:

- La rejilla,
- La toma que es variable con la forma y bordes,
- Transiciones de una a otra forma de sección (círculo o rectángulo y vice-versa).
- Codos
- Conos de ampliación y de reducción
- Bifurcaciones y/o trifurcaciones.
- Derivaciones, inserciones.
- Obstáculos interiores, (salientes, entrantes, barras atravesadas)
- Formas no currentilíneas
- Descargas, según su forma y bordes; válvulas.

Las pérdidas producidas por fricción son las más importantes y en función de la longitud de la tubería.

Podemos afirmar que todas las pérdidas en la tubería son proporcionales a $h_f = k_f v^2$, luego en la válvula de descarga se tiene con H carga en la presa o potencial.

$$H = k_f v^2 + h_v; \quad h_v = \frac{v^2}{2g}; \quad Q = \text{gasto} = AV = A \sqrt{2gh}; \quad A = \text{área de paso}$$

Para una misma carga H variando la abertura desde la total que da un gasto Q . Podemos determinar teóricamente la curva característica de la válvula, calculando las pérdidas para un valor del gasto, lo que nos da h_v y por tanto A . La curva resultante es una de aspecto parabólico.

Cuando a una masa en movimiento se le detiene parcial o totalmente ejerce una fuerza tanto mayor cuanto que la detención sea más brusca.

$$\frac{m \Delta v}{t} = F \quad F \text{ es proporcional a } \Delta v \text{ e inversamente proporcional al tiempo en que } \Delta v \text{ se produce.}$$

Entonces es de esperar que aparezcan fuerzas más o menos grandes cuando se cierran o abran las válvulas; golpe de ariete.

Felizmente en las tuberías para riego de agua tomada de presas, encontramos válvulas que cierran muy lentamente y así abren. Solo puede considerarse como accidente el que los mecanismos sufran desperfectos que den lugar a una apertura o cierre violentos o bien que un cuerpo extraño viniera a tapar bruscamente la válvula.

Pero en las plantas de bombeo en que el gasto se regula con las bombas en el caso de tuberías muy inclinadas ascendiendo hacia aguas abajo, frecuentemente produce el golpe de ariete con el paro total y simultáneo de las bombas (paro de corriente). En este caso, el golpe de ariete se produce por regreso de la columna líquida. Se protege la tubería con válvulas de alivio y con tanques de oscilación de cámara de

aire, cuya presión debe siempre mantenerse en su valor normal de la carga.

3.- Características de los materiales más apropiados en las tuberías. Esfuerzos a que están sometidas las tuberías rectas de acuerdo con su apoyo (2).

Aunque para hacer tuberías para conducción de agua, se puede usar madera (zunchando los tubos), el concreto (abastecimiento de agua potable) y fundición de hierro (ambiente muy corrosivo), el material por excelencia en tuberías forzadas es el acero.

El acero es una solución y combinación de hierro y carbón estando este material contenido dentro de ciertos límites y toma el temple. Fuera de esos límites es o hierro dulce o fundición de hierro. (simplemente fundición; no forjable).

El acero para tuberías es de bajo carbón porque además de ser maleable, que da alargamientos antes de ruptura importante (20 a 30% en probetas de 8") es fácilmente soldable con soldadura eléctrica, estas ventajas lo hacen preferente a pesar de que entre los aceros son los que tienen más baja resistencia pues ésta aumenta con la proporción de carbón.

Otra condición que necesitamos para seleccionar el acero, es que sea comercial, que en cierto modo se impone sobre las especificaciones más adecuadas. Por esta razón hemos estado empleando el acero ASTM-A-36 que tiene el 0.3% de carbón mientras que los más apropiados tienen menos de 0.25% pero el A36 tiene límite elástico de 2535 kp/cm² en tanto que los otros lo tienen apenas de 2000 kp/cm² o menos.

Al señalar que los aceros toman temple no sugerimos que se les dé ese tratamiento, pero como se les suelda, esta operación puede dar lugar que lo llegará a tomar localmente lo que produciría tensiones locales indeseables, también la soldadura destruye la estructura interna de laminado que le da alta resistencia, deján solo más suave. Siempre las soldaduras no dejan material tan sano como lo era antes de soldar; por eso estas son motivo de vigilancia.

Los aceros al bajo carbón forman el cuerpo principal de la tubería, pero hay otras partes que requieren otros aceros u otros materiales de cualidades especiales; particularmente en las válvulas y sus mecanismos. Los tornillos de las bridas, por ejemplo no deben sustituirse por otro comercial que por lo general son de baja resistencia mucho menor que los que se usan para estas partes. En la reparación o sustitución de estos elementos debe consultarse al personal especializado o investigar la resistencia o dureza del metal por sustituirse.

Los esfuerzos que debe absorber la tubería se provocan por: el peso del agua y el propio; la presión interior y la velocidad del agua.

Tal como hemos descrito, a primera vista es una viga continua con empotramientos en los extremos y lo es;

sin embargo no se le puede tratar así para determinar su resistencia por las fórmulas de resistencia de Materiales debido a que la sección resistente no es compacta, sino que está formada por una membrana donde deben determinarse los esfuerzos en cada punto por fórmulas derivadas de la teoría Matemática de la Elástica.

Es natural que los esfuerzos se distribuyan semejantemente a como ocurre en vigas de sección compacta; máximas tensiones y compresiones en los extremos de un diámetro vertical para los momentos flexionantes globales. Esfuerzos importantes en tensión y compresión en los apoyos donde los cortantes son mayores; pero, particularmente hay momentos locales distribuidos en toda la circunferencia del tubo en los apoyos, que la membrana no soporta y que debe reforzarse no solo aumentando el espesor sino poniendo anillos que den alto módulo de sección con un plano radial.

A partir de la mitad del claro donde los esfuerzos directos (+ y -) de compresión y tensión máximos son los de menor valor, van creciendo hacia los apoyos en donde las reacciones producen, junto con la flexión, los esfuerzos máximos mayores.

Los anillos, cuando los hay, restringen la expansión del tubo reforzado con un mayor espesor, debido a la presión interior, pero la parte exterior a los anillos sí se deforma, lo que produce una flexión en la pared del tubo constante por unidad de longitud en toda la circunferencia. El esfuerzo resultante es importante proporcional a la presión interior y crece con el área de restricción según un coeficiente menor que la unidad, que se alcanza para área infinita o muy grande como en los atraques de concreto. La restricción produce flexión y corte en las membranas.

Dos tramos de tubo con espesores diferentes unidos entre sí bajo la misma presión interior, ejercen una restricción mutua.

La presión interior da lugar a un esfuerzo tangencial importante y que crece con aquella. En tuberías donde las cargas en los apoyos no dan esfuerzos importantes y especialmente hacia la mitad de los tramos, el esfuerzo más importante para definir el espesor del tubo es el debido a la presión, que se combina con otros que le son perpendiculares, como el debido al peso y otros que vamos a enumerar.

La velocidad del agua que produce fricciones y por tanto esfuerzos longitudinales, así como las tapas ciegas y válvulas cerradas, también originan fuerzas centrífugas que son transversales al tubo en los codos y que deben absorberse con sus atraques o simplemente reacciones de las sille-tas. Los conos producen también esfuerzos longitudinales.

Las causas de esfuerzos citadas, son permanentes.

Hay otras causas de esfuerzos eventuales, a saber:

La fricción en los apoyos por dilatación de la tubería que produce un esfuerzo longitudinal en las paredes del tubo.

Semejante efecto también lo dan las juntas de dilatación, ambas como consecuencia de la variación de temperatura.

Cuando no se permite que el tubo se dilate libremente por variación de temperatura el esfuerzo longitudinal no depende de la longitud del tubo, pero es muy grande si son grandes las variaciones de temperatura.

Los temblores producen esfuerzos eventuales.

No se puede abusar en poner tubos delgados porque pueden ocurrir arrugamientos en las paredes cuando hay restricciones a la dilatación.

Para absorber los anteriores esfuerzos, basta con prever un espesor de placa de acero que las resista.

Hay otros esfuerzos que no se equilibran con la resistencia del material sino en parte y en parte o totalmente se ponen dispositivos que los alivian o los impiden, como es en los casos de:

Vaciado brusco de la tubería en que hay una presión exterior que no soporta el tubo.- Alivio o equilibrio de la presión exterior con ventilación.

Golpe de Ariete.- Poner válvulas que cierren muy lentamente.

Vibraciones.- Modificar la frecuencia natural de la pieza que vibra; - suprimir, de ser posible la producción de vórtices con ventilación o - destruir los vórtices, con elementos que guíen los filetes fluidos.

4.- Esfuerzos en partes especiales de las tuberías. (5)

Bridas.-

Las bridas forman parte de la extremidad de los tubos constituidas por una corona de placa de espesor mayor que el del tubo, taladrada para recibir los pernos con que se fijará la tubería a otro tramo de tubo, - una válvula o una tapa ciega que llevan otra brida.

Las bridas son de dos tipos principales: las que apoyan entre sí dentro del círculo de pernos, (llamadas discontinuas), y las que apoyan fuera del círculo de pernos (continuas).

En tuberías forzadas, son estas últimas las que se usan generalmente.

Cualquiera que sea el tipo de brida, el apriete de los tornillos induce un momento en la unión de la brida con el tubo que obliga frecuentemente a reforzar el tubo en esa zona. El tubo reforzado así es el cubo.

La fuerza de los tornillos con apriete normal debe ser superior a la fuerza debida a la presión sobre el círculo interior del empaque. Por eso, en principio los tornillos son de un acero de media a alta resistencia.

El número de tornillos siempre es múltiplo de 4 y deben ponerse simétricos a los ejes vertical y horizontal.

El empaque en las bridas continuas está en una ranura en forma de media gota de agua.

La brida constituye una restricción del tubo que debe resistir a ésta.

Bifurcación, trifurcación y derivación.

Un estudio económico y de operación de la tubería puede hacer concluir, en los casos en que deban hacerse dos o más desembocaduras de la tubería cada una con un tubo independiente de los otros: o tomarse derivaciones de un tubo principal o ramificarlo en su extremidad en 2 ó 3 ramales.

Cuando se trata de plantas de bombas que vierten su gasto en un colector la disposición es la misma; pero la corriente va en sentido contrario.

Cuando en un tubo bajo presión, se interrumpa una de sus secciones en cualquier punto de la circunferencia, pierden su equilibrio las tensiones internas y cada labio de la interrupción tiende a separarse del otro.

Con las derivaciones se interrumpe el tubo principal dejando una figura curva cerrada sin placa. Los bordes que quedan están solicitados a ampliar más la abertura por la tensión desequilibrada que se está ejerciendo. Debe impedirse esa tendencia por medio de un refuerzo que sea capaz de impedir la tendencia a la ampliación señalada, lo que se consigue con una pseudo corona de placa que contornea la abertura. En cierto modo el tubo de la derivación ayuda a la corona en su función.

En las bi y trifurcaciones, los ramales que son iguales entre sí, se intersectan como cilindros concurrentes a un mismo punto luego si trazamos planos normales al eje de los ramales, desde un punto de su intersección, las tensiones en los labios de las interrupciones de ambos tubos dan una resultante que debe absorberse. Para ello se pone una placa en forma de herradura que por propia resistencia, toma las resultantes de estas secciones. Esta manera de proceder da herraduras muy pesadas y estorbosas, porque cada ramal de la herradura trabaja como viga curva en voladizo. Se disminuyen peso y estorbo, ligando interiormente al tubo con una barra, los dos extremos de los ramales de la herradura; pero esta barra puede causar vibraciones, para lo cual se le verifica y modifica en el caso necesario.

En una bifurcación hay 3 refuerzos en herradura y en la trifurcación 4.

Los refuerzos pueden suprimirse si el tubo principal concurre a una esfera de donde salen los ramales enlazados convenientemente. En la trifurcación los ramales pueden no estar en un solo plano.

Si no hay inconveniente hidráulico, el refuerzo es interior. Es una -

placa cuyo perfil tiene la forma interior de herradura. Es muy ligera y nada estorbosa.

Los ramales son en general, codo y conos, o bien se inician los ramales con un cilindro seguido de un codo-cono o se inician con un cono seguido de un codo. De todos modos la intersección de los ramales se refuerzan de la misma manera.

Juntas de Expansión.

Cuando las tuberías tienen desarrollos a la intemperie, donde las variaciones de temperatura pueden ser importantes, sus variaciones de longitud siguen a la temperatura particularmente cuando está vacía. Si, como es frecuente, sus extremos están anclados o empotrados, se desarrollan esfuerzos importantes que no dependen de la longitud del tubo. Esto obliga a dejar libertad de dilatación al tubo; pero como los empotramientos se lo impiden, se hace necesario interrumpir el tubo y colocar en esa interrupción un prensa-estopa que evite la fuga del agua. En esto consiste, en principio, la junta de expansión.

Los desalineamientos en dirección o de continuidad de la recta eje de la tubería, no puede tomarlos un solo prensa-estopas; pero esos desalineamientos con tal de que sean pequeños, se pueden absorber por una junta de dilatación de doble prensa-estopa.

La junta de expansión consta de un manguito que deja un claro suficiente entre su diámetro interior y el exterior del tubo, donde se aloja la estopa, o empaquetadura de cordón cuadrado grafitado. Se cierra este claro con una placa ligada a la extremidad de uno de los tubos. La extremidad del otro, maquinada exteriormente para penetrar hasta la placa que cierra el claro. Se comprime la empaquetadura con lo que propiamente es el prensa-estopa que es un canuto con diámetro interior apenas holgado, para poder correr, en el interior del tubo y el exterior ligeramente menor que el del manguito.

El canuto prensa estopa oprime al empaque con la fuerza que se aplica en una brida, que lleva en el otro extremo, por medio de unas tuercas que se atornillan en birlos fijos al manguito.

Las únicas piezas que deban verificarse son el prensa estopa y su brida, así como los birlos. La fuerza que se debe aplicar será la que dé sobre la empaquetadura una presión que sea tanto y medio la interior máxima.

La presión exterior al tubo, que ejerce la empaquetadura, no le produce efecto alguno porque siendo uniforme todo alrededor, y estando presentes tanto el prensa estopa y su empaquetadura, le impiden toda deformación.

En la interrupción del tubo y sobre sus bordes, se ejerce una presión del agua que aumenta el esfuerzo longitudinal en tanto como vale la presión, si el tubo es de espesor constante dentro y fuera de la junt

para desarmar el prensa estopa se ponen 4 tuercas igualmente espacia-

das del lado del manguito que permiten empujar aquel hacia fuera de su alojamiento; después de aflojar las tuercas de apriete.

Registros de Inspección.

Desde el punto de vista de la afectación de un tubo por el registro de inspección, podemos considerar el caso como similar al de una derivación, solo que esta no es inclinada con respecto al eje de la tubería sino -- que le es perpendicular. Así pues, para equilibrar las tensiones en -- las secciones del tubo se pone una corona de placa, cuya sección diámetro igual a la sección de la placa quitada al tubo, como regla básica, por su forma y posición con respecto al cuello o gollete del registro -- de inspección, llamamos el refuerzo del tubo, gola o golilla.

El gollete debe tener un espesor mínimo para resistir la presión máxima interna y la carga máxima sobre la tapa puesto que el diámetro interior del gollete es chico, son 20" o 50 cm. El espesor es pequeño pero se -- da uno que le de rigidez.

La altura del gollete no pasa de 13 cm. y lleva en su extremidad libre -- (la otra está soldada al tubo) una brida para recibir la tapa.

La brida es la que, al final de cuentas, determina el espesor del gollete, pues este sería el del cubo necesario.

"La tapa es un disco plano que se corresponde con la brida del tipo discontinuo. Entre la brida y tapa hay una empaquetadura plana. -- Esta tapa trabaja como placa perimetral empotrada cerca de los bordes y con -- presión uniforme en el círculo interior al empaque. La tapa plana debe ser de fuerte espesor y en el caso de tener que reponer una tapa, -- cuidar que sea del mismo material u otro de mayor resistencia con el -- mismo espesor. No se permite poner varios discos que completen el espesor de la tapa y aún cuando lo sobre pasen. Los tornillos de fijación de la placa a la brida, que son múltiples de 4, en número, tampoco pueden sustituirse por otros cualesquiera, los sustitutos deben tener igual resistencia que los sustituidos, por lo menos. No permitir que se -- aprieten los tornillos alargando la llave, con un tubo por ejemplo; sino con la llave de longitud normal. Si hay fugas, revisar los asientos del empaque y el empaque mismo. Por lo tanto cuidar que no se lastimen los planos de asiento de la empaquetadura.

La tapa lleva dos asas, si es de quitar y poner y una sola si es de bisagra o charnela.

Para evitar turbulencias en el agua que penetra en el hueco interior -- que dejan gollete y tapa, se fija a esta un cilindro cuyo otro extremo -- se tapa con una placa curva de igual radio que el tubo. El cilindro -- lleva agujeros laterales para que se igualen presiones interior u exteriormente.

Insersiones.

También las inserciones y las derivaciones van a interrumpir la continuidad de la membrana.

Cuando las inserciones son de pequeño diámetro, no se requiere reforzar el tubo con una corona de placa alrededor del agujero pues la pared misma de la inserción es bastante para tomar las tensiones desequilibradas, un tubo de pared gruesa, cumple con reforzar los bordes como lo hace la naturaleza.

Si la inserción es mayor, (arriba de 2.5 cm. de diámetro) y según el espesor de la tubería, se pondrá alrededor de la inserción un refuerzo de placa soldada que tenga una sección igual o superior al área de la sección de la porción quitada a la tubería.

No debe permitirse que las inserciones, derivaciones y otro aditamento - como válvulas de aire, tubo de rodeo, drenes, tomas de agua para servicio del personal, entrada de instrumentos de medición, transmitan cargas o momentos a la pared de la tubería.

Codos.

Independientemente de las pérdidas de carga por fricción y por forma de un codo que van a producir tensiones, axiales, el cambio de dirección va a hacer que la presión estática de la vena dé lugar a dos fuerzas debidas a la presión por el área; una a la entrada y otra a la salida que van a producir tensiones en la tubería en los ramales de entrada y de salida, tensiones que son variables a lo largo del codo.

El movimiento circular de la masa de agua da una resultante centrífuga que bisecta al codo. (MV^2/R).

Como estas fuerzas son importantes, cuando el ángulo del codo es grande, y el radio pequeño, la mejor manera de absorberlas sin que los esfuerzos en la tubería se agraven es atracarlos en concreto. Cuando el ángulo es pequeño y el radio grande, como el desarrollo de la longitud del cono - es grande, no vale la pena distribuir una masa grande de concreto y basta con hacer absorber esas cargas por las silletas, inclinándolas de manera que las cargas se transmitan a los apoyos sin otro esfuerzo inducido.- Otro modo de absorber es con tirantes y un muerto (bloco de concreto enterrado) como en el caso de tuberías de descarga y en plantas de bombeo.

Si es relativamente fácil absorber las fuerzas generadas en los codos de plano horizontal, no lo es tanto para los que están en un plano vertical; pero siempre es posible lograrlo.

Los codos de pequeño radio y altas velocidades del agua en particular -- los verticales, son susceptibles de generar cavitación lo que implica dotarlos de ventilación en la zona crítica, a riesgo de provocar vibraciones. Los vórtices se amortiguan en un recorrido de más de 150 m.

Entran en la categoría de codos, los sifones que, con frecuencia están apoyados en el suelo o bien enterrados, forman un plano vertical, siendo indistinta la convexidad hacia arriba o hacia abajo.

Conos.

Los conos, como los codos, producen pérdidas de carga por su forma y por fricción.

Un ángulo en la cuspide debe ser pequeño (menor de 15°) para evitar ranos
linos sobre todo en los de ampliación, lo que implica que el cono tiene
una altura muy grande con respecto al diámetro de la base.

Como se acepta que a todo lo largo del cono exista la misma presión está
tica, aparece una fuerza axial en la tubería que es el producto de la pre
sión por el área proyectada de la superficie lateral del tronco de cono.
Esta fuerza es de tensión en la tubería aguas arriba del cono.

Cuando el codo es a la vez cono, existen todas las fuerzas que hemos men
cionado por lo que se complica su absorción y somos inducidos a ponerle
un bloque de concreto.

Esto ocurre más frecuentemente en las bi y trifurcaciones en un plano. -
Felizmente no son cono-codos muy largos. Con el atraque de concreto se
tiene más solidez en la terminal del tubo (que es una válvula) que puede
originar vibraciones.

Tapas ciegas.

Nombre un poco redundante de obturadores transitorios o de empleo fre --
cuente en la extremidad de las tuberías.

Cuando son transitorias, la unidad puede soldarse directamente al tubo y
se corta al retirarse en definitiva. Si son de empleo frecuente, se les
hace amovibles ligándolas al tubo por medio de bridas y tornillos.

En las tapas se reconocen el obturador propiamente dicho o tapa y su fal
dón. Sin embargo hay tapas como la del registro de inspección y las de
tuberías estandar (24" ϕ más) que no tienen faldón, siendo tapas planas.
En tuberías de grandes diámetros se prefieren otros tipos de tapas que
no sean planas porque los espesores son prohibitivos aún cuando se le --
pongan nervios o costillas.

Son varios los tipos de tapas: planas (que acabamos de mencionar); elíp
ticas; torisféricas y hemisféricas.

De estos tres últimos tipos las hemisféricas son las que son más senci
llas, ligeras; pero estorbosas.

El faldón es un cincho que se fija en el borde de la tapa para fijar es
ta al tubo por soldadura o por medio de bridas en cuyo caso hace veces --
del cubo de la brida y por tanto de mayor espesor que la tapa por los no
mantos que le induce la brida.

La brida y el faldón ejercen una restricción mutua; también la produce --
brida sobre el faldón.

Las tapas curvas tienen todas sus convexidades hacia fuera. Sin embargo
se hacen tapas con la convexidad hacia dentro pero no se usan en tube
rías forzadas.

Por razones de urgencia se puede requerir poner una tapa y siendo lo más frecuente y fácil de improvisar la tapa plana, se debe tener gran precisión en que el espesor sea suficiente y que este sea de una sola pieza, porque esta pieza trabaja en las peores condiciones.

Aunque se les llama ciegas, a veces se ponen tomas de agua o inserciones en las tapas y aquí como en el cuerpo de la tubería se ponen refuerzos semejantes.

Empotramientos y atraques de concreto.

Nos referimos a esto con relación con sus acciones sobre la tubería.

El primer empotramiento que encontramos en una tubería típica es el del tapón del túnel.

Ya dijimos que el tubo tomado por el tapón del túnel puede transmitir la este la presión si está diseñado para este objeto o si el tapón la puede transmitir a su vez a la roca. En este caso el tubo no es más que una coraza del tapón; pero, no obstante, debe poder soportar la presión exterior en el vaciado del concreto y posteriormente la carga debida a las filtraciones; además debe permanecer en su lugar a pesar de las solicitudes de ser arrastrado por el agua que fricciona sobre sus paredes. En este caso la pared del tubo no necesita poder soportar la presión interior y las cargas exteriores se absorben por anillos que le dan rigidez y lo detienen para no ser arrastrado por la fricción de la corriente y tapas ciegas. Por supuesto que si no soporta la presión interior, mer aún soportará la exterior, sin el auxilio de los anillos que se diseñan para este fin.

Si el concreto y la roca no son capaces de absorber la presión del agua, el tubo del tapón tendrá el espesor que requiere la tubería pero eso no significa suprimir los anillos, pues aunque la tubería soporte al presión interior, no soporta la exterior del orden de 4 kp/cm² mínimo.

Lo asentado para el tubo del tapón es aplicable a todo otro atraque de concreto aún cuando no haya infiltraciones, pero el espesor del tubo debe poder tomar la presión interior solamente porque no toma otras cargas longitudinales como el resto de la tubería, por lo que el espesor puede reducirse.

Los empotramientos y atraques de concreto se consideran como restricciones infinitas a los que corresponden de un coeficiente de 1. Por eso a la salida de los bloques de concreto se aumenta el espesor del tubo para absorber el momento de restricciones.

5.- Vibraciones en las tuberías. (1).

Las velocidades permitidas en tuberías de riego, dan necesariamente un flujo turbulento, formándose los torbellinos de madera caótica que producen verdaderos impactos en las paredes del tubo los que se revelan por ruido y por el tacto percibiendo estremecimientos que, cíclicos o no dan lugar a fatiga del material. Esta es la razón por la que usamos aros de gran alargamiento para amiorar los efectos de fatiga.

Las rugosidades inevitables del interior del tubo, cualquier irregularidad u obstáculo, dan lugar a cavitaciones, en particular cuando la presión dentro del tubo es baja, en la sección de posible cavitación. Estas condiciones pueden ocurrir con más frecuencia en las tuberías descendentes de gran pendiente.

Ahora, a cada velocidad del agua corresponde una frecuencia de vórtices y para evitar las frecuencias peligrosas se variará el régimen.

Estas condiciones se presentan más a menudo en el caso de barras atravesadas (como en los tubos con ramales, válvulas de mariposa, algunas válvulas de chorro divergente y de aguja.)

En la toma, la rejilla y la entrada, son constantes causantes de remolinos y también lo son la forma de entrada del tubo.

Producción de vórtices con frecuencia constante representa peligro de vibración para la tubería y para que tal ocurra, se requiere que los tramos entre apoyos tengan una frecuencia natural igual o múltiplo de la frecuencia con que se desprenden los vórtices.

Así por ejemplo, el número de vórtices que se desprenden por la presencia de una barra de diámetro d , atravesada es:

$$n_a = 0.2 V_{\text{máx}} / d$$

a propia barra tiene una frecuencia natural de

$$n_b = (g/f) \frac{1}{2} \times (1/2l)$$

Si el tubo entra en resonancia con la barra (y con el desprendimiento de vórtices), vibra, cuando vibre la barra.

Cualesquiera que sea el motivo de las vibraciones, estas dependen de la velocidad del agua. Para los regímenes que dan vibraciones, evitar la resonancia del tubo poniendo un apoyo que divida al tubo en dos partes desiguales.

Para la vibración del tubo es un efecto y la causa los vórtices o remolinos. Es más oportuno quitar las vibraciones que paliar sus efectos; y ello se consigue modificando los obstáculos internos a formas currentilíneas, evitar aberturas intermedias de la válvula de mariposa, ventilar el punto en que se generen los remolinos, poner una rejilla para guiar los filetes fluidos y destruye los vórtices; en los codos de cono radio poner deflectores al iniciarse la curva u otros intermedios.

Los vórtices se amortiguan en corrientes de baja velocidad en donde desaparecen en un recorrido de 150 m.

La protección interior del tubo con pintura bituminosa, da una superficie muy lisa que disminuye la producción de vórtices.

La tubería se determina para gastos máximos con carga mínima. Mayores -

tirantes dan mayores velocidades, con mayores gastos, luego semejantes condiciones de generación de vórtices, por lo que el tirante en la presa, no es garantía contra la generación de vórtices.

6.- Válvulas.- Descripción y funcionamiento de las válvulas más usuales. (1)

Para regular el gasto de la tubería se utilizan obturadores variables - que con las válvulas (y las compuertas.)

En una tubería son necesarias dos válvulas: una de servicio y otra de emergencia. Además hay otras válvulas pequeñas que llamaremos "para servicios accesorios" las que se requieren para operar una tubería, como las que operan el tubo de rodeo, la válvula de aguja, el drenado de la tubería, la tubería de servicio del personal, las válvulas de aire, etc. estas en general son de compuerta.

Tenemos en México, dos tipos de válvula de servicio: las de aguja (ya anticuadas) y las de Howell Bunger en su modalidad de chorro divergente (hay una de chorro hueco).

Para emergencia el empleo de válvulas de mariposa casi es general, pues también se usan compuertas ya sea en la toma, también en el túnel; pero no en la tubería (Ring follower).

La válvula de aguja consiste en un caparazón exterior que lleva en su interior un cuerpo fijo de revolución que lleva un cono móvil en su extremo aguas abajo que deja un espacio en forma de corona entre el caparazón y el cuerpo interior.

La parte fija del cuerpo interior forma con el cono móvil dos cámaras y cuando el cono está en su posición más separada del cuerpo fijo cierra completamente el paso del agua.

Para mover esta parte se pasa agua a una cámara en que una pared, la de aguas arriba forma parte del cuerpo fijo y la otra parte que es la opuesta, forma el cono móvil. Se igualan así las presiones interior y exterior de la cámara, lo que aligera mucho la acción para cerrar la válvula que se hace con un piñón y cremallera, que se mueven desde el exterior. Para recuperar se tiene otra cámara que ejerce su acción hacia aguas arriba, vaciándose la cámara de cerrar. El movimiento se gobierna con el mismo piñón-cremallera que se tuvo para cerrar.

La válvula de chorro divergente (Howell Bunger) es propiamente una prolongación del tubo que lleva frente a su boca y a distancia del borde un cono abierto (90°) en la cúspide ligando al mismo tubo por medio de aletas (6 es lo común) soldadas a ambos, cono y tubo.

Queda así un espacio entre el tubo y el cono por donde sale el agua y que se cierra con un manguito exterior al tubo que siempre sella con el tubo y con el cono, solo en posición de "cerrado".

El manguito se desplaza en la dirección axial por medio de dos sistemas de tuercas y husillo colocados en los extremos de un diámetro del tubo (en las válvulas grandes están en un plano horizontal y en las más pequeñas sobre un plano vertical).

El husillo gira impulsado por un motor o a mano, através de un sistema de engranes que da la fuerza y la velocidad con que se desplaza el manguito.

Se hace desembocar la válvula en un recinto con una pared faltante por la que sale el agua; pero así el chorro necesita ventilación lo que se consigue dejando una ventana amplia por donde penetre el aire.

La válvula de chorro hueco es una variación de la de chorro divergente; poniéndole un tubo exterior de diámetro mucho más grande que el de la tubería.

La válvula de mariposa es, en principio un disco (de sección currentifera; lenteja) de diámetro igual al de la tubería a la que se ajusta -- cuando la válvula se cierra. En realidad la lenteja queda ligeramente inclinada con respecto a un plano normal a la corriente que pasa por el eje de rotación de la lenteja, luego esta es elíptica.

Para abrir y cerrar la válvula, la lenteja es arrastrada por un eje que en principio pasaría por su diámetro; pero en la realidad está ligeramente descentrado.

No es un tramo simple de tubo donde se fija la lenteja sino que esta -- fuertemente reforzado para sostener el eje que le transmite fuertes cargas y soportar los mecanismos.

La tubería de descarga de plantas de bombeo llevan válvulas de retención (check) válvulas de alivio y en el punto de descarga una válvula de retención o bien una compuerta de charnela, que impide el regreso del agua.

7.- Esfuerzos a que están sometidas las válvulas de mariposa y de chorro divergente. Características de las válvulas (1)

La válvula de mariposa esta afectada por fuerzas hidroestáticas e hidrodinámicas:

Esta válvula es de emergencia, debe usarse totalmente abierta o cerrada y el paso de una o otra posición se hace con agua en reposo y presiones igualadas en las dos caras. Pero precisamente en las emergencias debe cerrarse con agua en movimiento y presiones no igualadas.

Si la válvula está totalmente cerrada bajo la presión hidroestática sobre la cara aguas arriba, la lenteja aprieta sus sellos debido a que la excentricidad del eje deja un área mayor de un lado que en el otro lo que descompensa las fuerzas y aprieta el sello que de otro modo tiende a aflojarse.

Para abrir la lenteja sólo habrá que vencer la fricción de los sellos y

par debido a la excentricidad y a las fricciones de los mecanismos, - pues estando igualadas las presiones no hay ninguna fuerza debido a la presión, ni a la velocidad.

El cierre de la lenteja con presiones igualadas es el opuesto al de la apertura pero con fuerzas iguales.

Cuando ocurre el caso no común de operar la lenteja sin carga de aguas abajo y cargada aguas arriba, aparecen fuerzas importantes por los fenómenos hidrodinámicos que se generan.

Iniciada la apertura, a medida que la lenteja va dejando paso al agua, esta va provocando vacío en su dorso cerca de los bordes al principio lo que genera un par creciente a vencer.

Al crecer el ángulo de abertura, el agua se inflexiona más hacia el dorso de la lenteja. A este par se le agrega el de la excentricidad.

Aunque inmediatamente aguas abajo de la lenteja hay válvulas que suministran el aire necesario, la corriente en el dorso de la lenteja produce un estado de cavitación que varía con la abertura, llega a un máximo para luego disminuir. Esta cavitación produce vibraciones, remolinos y ruidos que deben evitarse pasando lo más pronto posible por las zonas críticas.

El paso irregular y diferente del agua sobre las dos caras de la lenteja, produce, además, presiones y depresiones diferentes y variables que dan una resultante que al principio tiende a cerrar la válvula y contra lo que trabaja el operador, (o motor).

Ya en posición totalmente abierta, las acciones hidrodinámicas son simétricas y al iniciar el cierre sólo se vencen las fricciones y se vence o equilibra el par debido a la excentricidad, repitiéndose en sentido contrario los pares y fricciones de apertura.

Las fuerzas son proporcionales al cuadrado de la velocidad del agua y los pares lo son al cubo. Por consiguiente la resistencia necesaria a la lenteja crece más rápidamente que la velocidad y el par en el eje mucho más aún.

Aparentemente no tienen importancia las fuerzas aplicadas a la válvula de chorro divergente porque ejerciéndose de manera simétrica solo puede provocar esfuerzos en sus elementos básicos (tubo y manguito) y así es en realidad; pero para su operación hay fuerzas que vencer y son, en los simples desplazamientos del manguito, las fricciones de los sellos, apoyos y las de los mecanismos. En el cierre, además de las anteriores la de apriete del sello delantero.

Así pues, el elemento que trabaja es el husillo con tuerca y su sistema de transmisión.

Como la válvula de mariposa solo se utiliza totalmente abierta o totalmente cerrada, no tenemos interés en conocer la curva para cada abertura para gasto contra presión.

La característica de par VS abertura, sin igualar presiones, no es necesaria porque no nos da problemas debido a que ya está previsto en el sistema de operación.

Las curvas características de la válvula de Howell Bunger si nos son necesarias para operar la presa, se puede tener una gráfica con las 3 variables, tirante, abertura gasto o una familia de curvas abertura -- gasto para cada tirante.

Los fabricantes dan estas curvas; pero de no conseguirse pueden trazarse disponiendo de un medidor de gasto solamente, tarado o hecho de acuerdo con fórmulas conocidas (vertedor-medidor o bien, si no se dispone de los medios necesarios, se procede al cálculo de las fórmulas.

$$H = \frac{v^2}{2g} + \Sigma h_f \qquad Q = AV$$

Para cada valor de Q y H constante, se calcula V y se saca A de la segunda y nos da $Q=f(A)$.

El resultado es sólo aproximado por la inseguridad que hay en las fórmulas y datos.

8.- Instalación, operación y mantenimiento de tuberías forzadas (2).-

Entre el taller y la obra, la tubería es motivo de cuidadosas inspecciones que se inician desde la acerería que suministra la placa en que se verifica que esté libre de defectos, de análisis, forja y curvado -- así como que el espesor esté dentro de las tolerancias. Sigue la inspección en todo el proceso de fabricación y vigilando que se apliquen las técnicas adecuadas que no dañen la calidad y resistencia de la -- pieza. Las dimensiones de las diversas partes de cada pieza son comprobadas dando las tolerancias que exige el proyectista, pues las variaciones que no estén permitidas repercutirían en el alineamiento, nivelación, asiento en los apoyos, etc., dando lugar algunos defectos a focos de cavitación.

Salidas las piezas del taller con la marca de aprobación del inspector y marcada con el número e indicación de su lugar en el conjunto, sigue el problema del transporte con todas las manipulaciones que ello significa, las que deben ser cuidadosas ya que son piezas muy delgadas y pesadas, fácilmente deformables y delicadas de los bordes. Por eso, conviene fijarle interiormente aros con rayos tensos cerca de los bordes que mantengan su circularidad. En las maniobras de izar debe tomarsele en secciones alejadas de los bordes evitando cadenas que lastimen al tubo. En la transportación se fijarán bien sobre sus cuños de madera que les impida todo desplazamiento e impactos en su apoyo debidos a irregularidades del camino.

Todos los cuidados se tomarán al bajar las cargas y conducir las al punto de su instalación según las marcas que lleva.-

Cuando deban llevarse al interior del tunel preferir construir los apoyos

(silletas) después de meter los tramos de tubo a su lugar cuando se estén uniendo entre sí.

Debe verificarse que los anillos tengan un plano bien perpendicular al eje del tubo y que asientan en todo al arco de apoyo de la silleta, o que las columnas apoyen en el plano de desplazamiento del tubo al dilatarse.

El alineamiento y la nivelación tanto del tubo como de sus apoyos son motivo de cuidados severos y no se procede al último colado de las silletas sino hasta que aquellos son satisfactorios.

Los primeros tramos que se instalan son los del tubo del tapón, que deben alinearse y nivelarse. Una vez logrado esto, se colarán bloques de concreto sobre las anclas y no será, sino hasta que haya un buen anclaje, cuando se colará el resto del tapón que irá formándose por capas horizontales y avanzando de aguas arriba hacia aguas abajo.

La preocupación principal aquí es que se evite la flotación al vaciar el tapón, por lo que toda forma de evitarla es de aplicarse: anclajes, piezas rectas que apoyen en los anillos y la clave o pared del túnel, colados en capas horizontales de poco espesor a la vez de modo que haya en cualquier momento sólo una capa plástica delgada, etc.

Una vez terminada, revisada y corregida toda la instalación se procede a reponer la pintura quemada o destruida en las maniobras y se dará el acabado final.

Se harán funcionar en vacío todas las válvulas excepto la de emergencia que permanecerá cerrada, para comprobar que funcionan bien los mecanismos y corregirlos en su caso.

Se procede a operar de prueba la tubería. La descripción que se ha hecho de los procesos lógicos de operación nos inducen a:

a) Cerrar la válvula de servicio y todas las válvulas de drenes, etc., asegurándose de que la compuerta de servicio del tubo de rodeo esté cerrada, y que los registros de inspección tengan sus tornillos bien apretados así como que el prensa-estopa de la junta de dilatación se ha apretado. No olvidar que antes de todas estas operaciones se ha hecho una minuciosa inspección en el interior del tubo para asegurarse que no haya quedado ningún cuerpo extraño.

b) Inyectar aire a presión a 1.5 veces al máximo de servicio y detectar las fugas en soldaduras, sellos, etc., y abrir la válvula de aire.

c) Abrir la válvula de emergencia del tubo de rodeo que se opera normalmente a mano.

c) Abrir la válvula de servicio del tubo de rodeo y vigilar que el aire de la tubería sale por las válvulas de aire, si no es así detener el paso del agua y hacerlas revisar. Llenar la tubería hasta que un manómetro diferencial que lleva la válvula de mariposa indique que se han igualado las presiones a ambos lados de la lenteja.

d) Abrir la válvula de mariposa hasta que el indicador señale que el plano medio de la lenteja es horizontal.

e) Se abre la válvula de servicio con pequeñas carreras interrumpidas del manguito revisando el comportamiento de tuberías y válvulas, después de cada carrera. Si se notan deficiencias o fallas después de cada pequeña carrera, corregirla y proseguir la prueba hasta abertura total.

f) Se cierra la válvula de chorro divergente.

g) Se cierra la válvula de servicio del tubo de rodeo.

El ideal sería que todo el sistema de presa y equipo para riego y el de su operación se mantuviera en las mismas condiciones de nuevo; pero la presa se azolve, los mecanismos se desgastan, la protección de las superficies envejecen y se destruye por el tiempo y por el uso, los metales se oxidan; los efectos galvanicos, como la oxidación, corroen y las partes resistentes a esfuerzos pueden fallar porque los espesores disminuyen y la organización molecular puede representar peligros.

Por eso el personal encargado de la operación debe estar vigilando y revisando frecuentemente toda la tubería particularmente los lugares más ocultos para que tan pronto aparezca cualquier indicio de corrosión acudir a corregirlo, limpiando y pintando o engrasando según el caso. La falta de aceites en los mecanismos y superficies que flotan deben atenderse y dondequiera que el aceite pierda su viscosidad se cambiará este. Las piezas que estando en contacto deben poder desplazarse una con respecto de la otra, deben moverse periódicamente y lubricarse, para evitar que se peguen.

Cualquier mecanismo que deba permanecer por tiempo largo sin operar, debe ser puesto a funcionar con cierta frecuencia.

Debe cercionarse frecuentemente si el interior de la tubería ha perdido su protección y la frecuencia será mayor si el agua arrastra materiales sólidos en suspensión que son abrasivos.

Los azolves pueden invadir la tubería y deben eliminarse; pero también se acumulan en los drenes, tubo de rodeo, que pueden quedar fuera de servicio si no se les revisa con suficiente frecuencia.

Nada sospechoso debe dejarse de revisar y arreglar antes de operar los sistemas. Una pequeña deficiencia no corregida a tiempo puede ser muy costosa después y aún dejar fuera de servicio a la presa entera por un período importante.

Un mal entendimiento en el mantenimiento significa indolencia y falta de responsabilidad.



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



PLANEACION, DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PRESAS

TRATAMIENTO DE CIMENTACIONES PARA PRESAS
(Complemento por correcciones).

ING. HORACIO ESCALANTE ARIAS

ENERO, 1980



TRATAMIENTO DE CIMENTACIONES PARA PRESAS

Con el título de " Tratamiento de Cimentaciones de Cortinas", el C. Ing. Aurelio Benassini, presentó en la edición del Colegio de Ingenieros Civiles de México, "Construcciones en Roca", un tratado sobre el tema que nos ocupa.

Por considerar de gran interés los conceptos que expresa, sobre el problema del tratamiento de los materiales en los que se cimentará una cortina de tierra y roca, a continuación se transcribe algunas de las exposiciones más interesantes, además, otras de las opiniones y documentación aquí expuestas fueron proporcionadas por diferentes Compañías que están especializadas en este tipo de trabajos.

GENERALIDADES

El contacto entre la cortina y la roca de cimentación es una parte vital de la estructura en su conjunto y debe por lo tanto dársele a su tratamiento una atención preferente.

Desde el punto de vista de Ingeniería se tienen diferencias muy importantes entre la cortina y la roca de desplante.

Por lo que respecta a la cortina se dispone antes de la construcción, de los datos necesarios para desarrollar con todo detalle el diseño y asimismo pueden especificarse las propiedades de los materiales de construcción.

Por lo que se refiere al tratamiento de la zona de contacto roca-núcleo impermeable, las especificaciones correspondientes dejan por lo general un amplio margen de interpretación y no pueden definirse anticipadamente con detalle en virtud de que las condiciones geológicas de la roca se conocen propiamente hasta que la superficie de la misma está expuesta y en algunos casos después de efectuar exploraciones geológicas adicionales, tales como pozos a cielo abierto, galerías de exploración en los empotramientos, etc.

La condición anterior impuesta por la naturaleza puede significar en casos especiales modificaciones al diseño de la cortina y estructuras auxiliares (tomas, vertedores de excedencias, etc,) y por lo tanto exige durante el desarrollo de los trabajos correspondientes, una supervisión y una colaboración estrecha entre los geólogos y los ingenieros responsables para ejecutar cambios a medida que avanzan las excavaciones de la cimentación y de esta manera llegar a tener una estructura útil y segura.

Por las razones expresadas puede decirse que el tratamiento de la cimentación es un arte en el que intervie-

nen la geología, la mecánica de rocas y suelos pero especialmente el criterio y experiencia de los ingenieros y geólogos que intervienen.

El tratamiento de la cimentación debe incluir tanto la roca del cauce como la de las laderas.

Para tratar de lograr esta meta ampliamente, deberán realizarse todos los trabajos que a juicio de los ingenieros responsables se consideren necesarios durante el proceso de construcción de esa obra y no posponer algunos de ellos para después de que ésta entre en operación, cuando materialmente se vea la necesidad de su realización; ya que este último criterio puede implicar riesgos y mayores costos y en muchos casos la imposibilidad material de realizar el tratamiento adicional.

Consideraciones Generales de Origen Geológico.

La variedad de tipos de rocas que se encuentran en las cimentaciones es muy numerosa y dentro de una misma clasificación se pueden tener problemas diferentes principalmente por su grado de alteración, por sus condiciones estructurales y por las discordancias que presentan.

Lo anterior indica que los trabajos de cimentación no están sujetos a reglas generales, sino que cada boquilla

requiere un tratamiento especial.

Si la roca en su conjunto es compacta, uniforme y sana y las exploraciones geológicas muestran que a profundidades persiste esta condición es obvio que el tratamiento que se necesita podrá ser insignificante; inversamente, si la roca de cimentación es heterogénea, intemperizada, fracturada o fallada o presenta gran cavernosidad, se necesitará un tratamiento especial que podrá ser muy laborioso y costoso.

La condición última es la más común, en virtud de que las boquillas ideales desde el punto de vista geológico y topográfico a medida que los años pasan van siendo más escasas.

Debe tenerse presente que toda cortina que se construye descansa en formaciones geológicas que eran estables antes de la construcción, pero que al ponerse en servicio la obra, estarán sujetas a condiciones diferentes, debido principalmente a las cargas adicionales que se imponen y a los efectos de saturación, factores que podrán originar problemas de estabilidad y por lo tanto será necesario tomar todas las medidas que se consideren convenientes para que la cimentación sea segura al cambiar las condiciones originales de las rocas.

Las formaciones de calizas son una de las que

plantean mayores problemas para la cimentación de cortinas de cualquier tipo, debido al grado de cavernosidad que pueden presentar lo que motiva problemas de permeabilidad en muchos casos difícil de tratar.

En segundo término se tienen las rocas volcánicas recientes, principalmente los basaltos por su heterogeneidad y por su alto grado de fracturamiento o ambos y su relación con materiales piroclásticos, tales como tobas, brechas y aglomerados principalmente. En general la roca basáltica reciente, principalmente se encuentra intercalada con brechas y escorias muy permeable, lo que motiva en general condiciones caóticas de las formaciones, difíciles de predecirse con simples exploraciones geológicas.

En muchas ocasiones las fracturas en estas rocas están abiertas, pero también es frecuente que se encuentren rellenas de cenizas volcánicas o materiales brechosos. Si estos materiales suaves no están confinados, al saturarse, pueden plantear problemas de asentamientos diferenciales o bien filtraciones por la expulsión de los materiales erosionables, lo que puede significar un peligro potencial para la estructura. Es también común encontrar en los basaltos, cavidades y túneles abiertos que si no se localizan pueden plantear problemas de filtraciones peligrosas.

Criterios Básicos para el Tratamiento de la Cimentación.

Para desarrollar el diseño de una cortina, especialmente en rocas blandas, deben conocerse las propiedades mecánicas "In situ" de la masa de la roca de la cimentación, las cuales son:

Resistencia al corte.

Permeabilidad.

Compresibilidad.

Para tal fin deberán hacerse pruebas de campo para estar en posibilidad de conocer con mayor realidad las propiedades antes mencionadas de las formaciones en que se cimentará la estructura.

Los criterios básicos principales que deben tomarse en cuenta son los siguientes:

a) RESISTENCIA AL CORTE.

Los taludes de la cortina deben ser estables, tanto durante el proceso de construcción, como durante el período de operación de la presa.

Para satisfacer esta condición en lo que respecta a la cimentación, la cortina deberá diseñarse tomando en cuenta la resistencia al corte de los materiales en que se cimentará en las condiciones más desfavorables si se trata

de rocas blandas tales como sedimentarias y algunas de origen ígneo reciente (tobas) principalmente, si se encuentran intemperizadas o fracturadas por efecto de fallas o fracturas tectónicas.

En el caso de cimentaciones de lutitas deberá determinarse con extremo cuidado la resistencia al corte y tomar un factor de seguridad amplio en virtud de que son formaciones peligrosas especialmente si están fisuradas.

PERMEABILIDAD

Deben tratarse de eliminar las filtraciones para evitar que signifiquen un peligro potencial para seguridad de la obra o reducirse al valor mínimo en relación con la capacidad de almacenamiento del vaso.

Con objeto de tomar decisiones para programar el tratamiento de cimentación de una obra, es indispensable realizar pruebas de permeabilidad coordinadas con las exploraciones geológicas, con recuperación de núcleos y R.Q.D., ya que de esta manera se tiene desde un principio, información básica sobre esta condición y prever con anticipación el procedimiento de impermeabilización más adecuado.

La permeabilidad a través de agrietamientos o fisuras en la roca, se determina por medio de las pruebas Lugeon.

Para conocer ésta, cuando la naturaleza del terreno no permite hacer los ensayos antes mencionados, por ser la formación de naturaleza granular o muy alterada (capas de arena, limos, aluviones, escombros, etc.) en los cuales la velocidad del flujo es lenta, se hacen las determinaciones de permeabilidad por el procedimiento Lefranc.

Básicamente para evitar o reducir las filtraciones a través de la formación de cimentación, será necesario cortar los materiales permeables por medio de dentellones, trincheras, consolidar e impermeabilizar por inyectado de mezclas, construcción de diafragmas o pantallas impermeables de materiales deformables, etc.

La selección del procedimiento más adecuado depende de las condiciones de la formación encontrada, la permeabilidad residual deseada y la profundidad proyectada para la pantalla.

En el caso de que se tenga en la cimentación y en las laderas formaciones permeables o bien rocas fracturadas sin una limitación bien definida, en cuanto a profundidad, y lo cual haga antieconómica la construcción de trincheras o de diafragmas profundas y se tenga duda de la eficacia de las pantallas de inyecciones de lechada, será necesario tomar precauciones especiales para controlar las filtraciones mediante la construcción de un tapete de arcilla

localizado aguas arriba del eje de la cortina para cubrir _ las formaciones geológicas permeables para aumentar el paso a filtración en una longitud suficientemente larga para reducir velocidades y complementando esta medida con la construcción de un sistema adicional de drenes aguas abajo del _ eje de la cortina, por medio de túneles colectores o perforaciones de drenes o una combinación de ambos para tratar _ de aliviar presiones hidrostáticas y mejorar, por lo tanto, las condiciones de estabilidad, principalmente de las laderas.

COMPRESIBILIDAD

Debe tratarse de evitar asentamientos diferenciales de la zona impermeable de la cortina en virtud de que _ pueden provocar agrietamientos en dicha zona y motivar filtraciones peligrosas por el efecto de tubificación, cuando _ dichas grietas sean en el sentido transversales al eje de _ la cortina. Para evitarlo será necesario mejorar la geometría de la boquilla hasta donde sea económico y además remover de la cimentación y de las laderas todos los materiales inestables que puedan provocar asentamientos, debiéndose _ además tomar todas las precauciones necesarias para que en _ el caso de que ocurran agrietamientos y se produzcan filtra

ciones, éstas queden controladas por medio de un sistema de filtros que impidan la emigración de partículas finas del corazón impermeable.

En el caso de que por razones de orden económico no sea posible remover parte de las terrazas formadas principalmente por materiales compresibles de alta relación de vacío (limos y arenas) se deberán considerar estas circunstancias en el diseño de la cortina ya que estas formaciones son potencialmente peligrosas cuando se saturan en virtud de que pueden originar asentamientos diferenciales bruscos que ocasionen grietas, tanto longitudinales como transversales al eje de la cortina en la zona impermeable de la misma lo que puede ponerla en peligro.

En este ejemplo el desplante de la cortina se hará sobre roca sana y compacta, además de impermeable, que aflora o se encuentra a poca profundidad tanto en el cauce como en las laderas. El tratamiento que se requiere es sencillo, ya que la limpia únicamente será el de los materiales inestables (tierra vegetal, escombros de talud, materiales de terraza y acarreos), estas excavaciones abarcarán las trazas de la cortina, o sea, hasta el enrocamiento, pero deberá ser más rigurosa en la zona en que se desplantará el núcleo impermeable, ya que se deberá eliminar también en este lugar, la roca intemperizada o fracturada, hasta encontrar roca sana; lo que ocasionará en algunos casos, tener que desplantar en una trinchera que abarque trazas del material impermeable.

En el caso de que el fracturamiento continúe a mayor profundidad y la roca descubierta, sea de buena calidad, es recomendable consolidarla por medio de una carpeta o tapete de perforaciones inyectadas, hasta la profundidad que se requiera, así como si la permeabilidad de la roca de desplante, no es satisfactoria, será necesario mejorarla construyendo una pantalla profunda de perforaciones inyectadas.

Se recomienda también que en el área en la que el material impermeable estará en contacto con la roca, des --

pués de hacer un tratamiento dental, se coloque concreto en forma de calafateo, con el objeto de cubrir las fracturas, mejorar topográficamente la superficie, evitando concavidades y proteger la arcilla en el contacto de erosión interna, además facilitar el control del inyectado de consolidación de resurgencias o presiones menores a las especificadas.

En este segundo caso en el que el sitio se encuentra cubierto en las laderas con un espesor de materiales inestables de poca consideración y en el cauce los aluviones son pocos profundos, las excavaciones para la limpia superficial que abarcarán las trazas de la cortina, serán únicamente la extracción de la tierra vegetal, escombro de talud y materiales de terraza que puedan ocasionar asentamientos o deslizamientos de consideración. Sin embargo, en la zona en que se desplantará el material impermeable y en algunos casos los filtros, será necesario que en forma de trinchera que tenga como fondo o base, las trazas de los materiales antes mencionados y de profundidad hasta encontrar roca sana, se extraiga la roca intemperizada o muy fracturada.

En el fondo de la trinchera si se considera necesario, se programará un tratamiento de consolidación de la roca, por medio de una carpeta o tapete de perforaciones inyectadas a la profundidad que se requiera, de acuerdo con el fracturamiento de la misma. Previo a este tratamiento se hará el calafateo con concreto de la superficie de contacto entre la roca y el núcleo impermeable.

Tomando en cuenta los resultados de los ensayos de permeabilidad efectuados durante el estudio de la boquilla, posteriormente al revisar las excavaciones, se programará o eliminará la pantalla de impermeabilización profunda.

Cuando el lecho del río se encuentra cubierto por capas de arenas, gravas, limos y arcillas de profundidad considerable, pero inaccesible para su extracción (25.0 m. aprox.) El tratamiento de la cimentación se hará de la manera siguiente:

Como en los casos anteriores la limpia superficial que abarcará las trazas de la cortina, consistirán en la remoción de todos los materiales inestables, que pudieran producir asentamiento o deslizamientos peligrosos, por falta de compresibilidad, baja resistencia al corte o susceptibles al efecto de licuación, tales como suelos de alto contenido de materias orgánicas, terrazas con alta relación de vacíos o mantos de arcilla, por lo que se recomienda desplantar los materiales en formaciones compactas de arena y grava limpias.

Debido a que los acarreos son generalmente altamente permeables y en este caso es posible extraerlos, para que la permeabilidad de la cortina sea efectiva, es necesario excavar una trinchera que corte los mantos de arenas y gravas, en la cual se desplante el centro del núcleo impermeable sobre roca sana; teniendo un ancho mínimo para evitar filtraciones peligrosas.

El ancho del fondo o base de esta trinchera debe estar en relación con la carga hidrostática del almacenamiento y del gradiente hidráulico.

En la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos

licos, el gradiente recomendado de acuerdo con las experiencias obtenidas en varias obras, es el de que no sea mayor de 2.

$$G = \frac{H - H'}{B}$$

G = gradiente hidráulico.

H = carga hidrostática aguas arriba.

H' = carga hidrostática aguas abajo.

B = base de la trinchera en el contacto con la roca.

Independientemente de que el material impermeable con el que se construirá el núcleo, debe ser de alta resistencia a la tubificación, es indispensable que una vez que se descubra la roca, ésta sea sana o en su defecto extraerla alterada y de ser posible programar un tratamiento de consolidación mediante inyectado, así mismo de acuerdo con las pruebas de permeabilidad efectuadas en la roca, proyectar la pantalla central de impermeabilización de la misma, tanto en el número de líneas necesarias como su profundidad.

En este caso es preferible si las condiciones de trabajo lo permiten, extraer los aluviones para que el fondo de la trinchera, abarque hasta los materiales de transición y no únicamente la base calculada, con el gradiente hidráulico y la carga hidrostática, con lo que se obtendría mayor paso de filtración en el contacto roca-núcleo imper-

meable, además evitar posibles asentamientos en las gravas y arenas.

Respecto al tratamiento de la cimentación de las laderas, depende de la profundidad a la que se encuentra la roca sana, sin embargo, se hará la limpia superficial (trabajo dental) dentro de las trazas de la cortina, eliminando los materiales inestables y programar la trinchera en la zona del núcleo impermeable, con su inyectado de consolidación y pantalla profunda de impermeabilización si son necesarios, de acuerdo con el estudio geológico y de permeabilidad y de la observación de la roca una vez descubierta en las primeras excavaciones.

En algunas ocasiones es pertinente para definir el tratamiento a seguir en los empotramientos, se excavan galerías de inspección en las laderas a diferentes elevaciones y posteriormente utilizarlas en los trabajos de inyección y de drenaje.

Es importante llevar un control minucioso de todos los trabajos, tales como excavación, perforación e inyectado, así como efectuar perforaciones de exploración, para determinar las condiciones de la roca antes del inyectado y después del mismo.

El caso que se describe es el de boquillas cuya cimentación se hará en suelos poco compactos o sueltos, constituidos por aluviones o escombros de talud, que se caracterizan por su alta permeabilidad y cuya profundidad hasta el contacto con la roca es de consideración y no es posible su extracción para desplantar el núcleo impermeable sobre la misma.

Si observamos un pozo a cielo abierto en aluviones, notamos que este depósito es heterogéneo, debido a las crecientes de diferentes gastos en el río. Esta heterogeneidad de los acarreos se nota en la superposición de capas de aspecto lenticular con granulometría diferente, teniendo sucesivamente capas de arena y grava, gravas solas o arena únicamente, todas ellas de espesor variable.

El procedimiento que generalmente se utiliza para la construcción de una pantalla impermeable, dentro de los aluviones, en las condiciones antes mencionadas, es la del inyectado de éstos, utilizando el método de tubo de manguitos, que permite que las operaciones de perforación e inyectado se hagan separadamente; además, el tratamiento se puede iniciar a la profundidad que se desee, por ejemplo: en las zonas más permeables, adaptándose el tipo de mezcla estable más conveniente para cada zona de acuerdo con su permeabilidad, conocida de antemano al efectuar

el estudio geológico y de pruebas de permeabilidad. Estas mezclas pueden ser desde un mortero bentonita-cemento, bentonita defloculada o hasta una suspensión de silicato en las arenas, aplicándose en varias fases o sea, reinyectar cualquier tramo de la perforación que se considere defectuoso o sin terminar.

Este procedimiento da resultados satisfactorios sobre todo cuando se trata de impermeabilizar a gran profundidad, ya que se han logrado pantallas hasta de 100.0 m.

El ancho de la pantalla debe estar en relación con la carga hidrostática y el gradiente hidráulico, que de acuerdo con la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, éste no debe ser mayor de 4.

$$G = \frac{H}{B}$$

G = gradiente hidráulico.

H = con carga hidrostática aguas arriba.

B = espesor de la pantalla de impermeabilización.

Obteniendo el espesor que debe tener la pantalla para efecto de impermeabilización, se programa el número de líneas necesarias, para que la impermeabilización de los aluviones, sea satisfactoria en una sola etapa de inyectado.

El control del tratamiento debe ser muy cuidadoso, tanto en lo que se refiere a la perforación, como en

el inyectado, llevar un plano con la localización de los pozos, sitios de fuga o resurgencias y comunicaciones entre los pozos.

Es importante efectuar ensayos de permeabilidad Le Franc en perforaciones de control, hechas en la zona ya tratada y comparar con las obtenidas antes del tratamiento.

El estudio final de las boquillas se definirá si una o varias líneas de las utilizadas para el inyectado de los aluviones, se prolongará dentro de la roca, para formar la pantalla de impermeabilización de ésta, y a que profundidad es la indicada.

Respecto al tratamiento de la cimentación de la cortina en las laderas para el empotramiento de la misma, se deberá tener en cuenta, los materiales inestables que cubren la roca y su grado de intemperismo y fracturamiento para programar en la zona del núcleo impermeable la trinchera, su tratamiento de consolidación y la pantalla profunda de impermeabilización en función de la permeabilidad.

El siguiente ejemplo describe un caso semejante al anterior, o sea, cuando la cimentación se hace en suelos incoherentes o sueltos, constituidos por aluviones o escombros de talud, y la profundidad hasta el contacto con la roca es de consideración, siendo difícil técnica o económicamente la extracción de éstos materiales, por lo que el desplante de la cortina está obligado a hacerse sobre los mismos aluviones.

Teniendo además el problema de que el sitio en que se construirá la obra es una zona altamente sísmica, que puede ocasionar asentamientos diferenciales, ya que los materiales aluviales pueden ser compresibles por su alta relación de vacíos, ocasionando agrietamientos en el núcleo impermeable o deslizamientos que pueden poner la obra en peligro.

El tratamiento de impermeabilización de los aluviones, se efectúa de igual manera, es decir, calculando el espesor de la pantalla, el número de líneas, el espacio entre los barrenos e inyektando éstos, formando una pantalla impermeable, utilizando el método de tubo de manguitos con las mezclas y geles adecuados.

Además del tratamiento de impermeabilización, para resolver el problema de asentamiento o deslizamientos es necesario, que en forma de carpeta o tapete se consoliden los aluviones en toda su profundidad, hasta el contac

to con la roca.

El procedimiento que se utiliza para la consolidación de éstos, es el de inyectado semejante al procedimiento que se usa para impermeabilizarlos, variando únicamente en el tipo de lechada que se inyecta, ya que en éste caso, se necesitan mezclas más rígidas, por lo regular de bentonita-cemento, que lleguen a obtener una resistencia final de 30 Kgs/cm² como mínimo.

Esta mezcla por la presencia del cemento y la viscosidad que adquiere, no impermeabiliza totalmente los aluviones, pero sí le da la consolidación necesaria, disminuyendo el gradiente hidráulico entre el contacto del núcleo impermeable y los aluviones, debido a la impermeabilización parcial de éstos y la pérdida de carga.

Cuando los suelos incoherentes o sueltos presentan dificultades tanto técnicas como económicas para su impermeabilización por el procedimiento de inyectado, recientemente se ha realizado este trabajo por medio de pantallas o muros colados "in situ".

El caso que nos ocupa se refiere únicamente a la pantalla denominada de "mezcla o lechada plástica", que consiste en la construcción de un diafragma continuo sin juntas, cuya posibilidad de impermeabilización y de formación sin roturas, son más necesarios que su resistencia.

Para su construcción se utiliza un equipo pesado que excava una zanja con cucharón de almeja de operación hidráulica, generalmente de 0.60 m. de espesor, pudiendo llegar hasta 1.0 m. y una profundidad máxima de 60.0 m; utilizando para su excavación una mezcla de bentonita-cemento, que conserva durante varias horas características pseudo-tixotrópicas, de un lodo de perforación (cohesión baja del orden por ejemplo de 10 g/cm^2).

Las juntas quedan suprimidas debido al procedimiento de excavación ya que, éste se inicia con zanjas alternas de las dimensiones del cucharón, hasta llegar a la profundidad deseada, enseguida se excava los tramos intermedios, no existiendo ninguna discontinuidad debido a que la lechada colocada en un tramo anterior tiene la misma

densidad que la del tramo intermedio que se está excavando existiendo en toda la profundidad un equilibrio hidrostático.

Debido a lo anterior es posible excavar un tramo intermedio antes de que la mezcla empiece a fraguar en el anterior ó el subsecuente, por lo que la interpenetración de las mezclas se hace perfectamente, no permitiendo ninguna discontinuidad entre dos tramos sucesivos.

La mezcla utilizada para la excavación y el relleno está compuesta de bentonita, cemento, agua y aditivos que mantienen la viscosidad inicial y determinan el tiempo de fraguado. Suprimiendo la operación de sustituir el lodo para excavar la zanja por otro, tal como concreto; endureciendo progresivamente sin decantarse, constituyéndose en una mezcla plástica, deformable y que llega a una cohesión de 500 g/cm^2 a los 28 días.

Es de mencionar que aún con lo reciente de la aplicación de este método, la experiencia ha sido satisfactoria, sobre todo en lo que respecta a la posibilidad de tener grandes deformaciones sin agrietamientos.

El inconveniente más grande que se presenta en este tipo de pantallas, es cuando dentro de los aluviones se encuentran clásticos de diámetro mayor que el ancho del cucharón de almeja, lo que ocasiona la suspensión de la excavación, teniéndose que construir en estos casos, una pantalla mixta de lachada plástica con inyectado para llegar a la profundidad deseada.

Otro procedimiento para la construcción "in situ" de una pantalla impermeable en suelos incoherentes y sueltos, en los que se desplantará la cortina, consiste en un diafragma continuo sin juntas, colado en una zanja de 1.5 m. de ancho aproximadamente, que se rellena de un material deformable e impermeable, que pueda soportar sin agrietarse los empujes a que estará sujeta la obra.

Este caso se conoce con el nombre de pantalla flexible "Slurry-Trench" y se excava para su construcción con un equipo pesado que depende de la profundidad deseada (retroexcavadora, draga, o una máquina para perforar especialmente equipada para circulación inversa), utilizando lodo bentonítico, para detener los caídos, cuando la excavación llega a la profundidad deseada en un tramo previamente proyectado, manteniéndose llena de lodo bentonítico se substituye éste, por medio de una tubería hasta el fondo por una mezcla, formada con bentonita-cemento y los agregados procedentes de la excavación.

Debido al procedimiento de excavación y a que la mezcla con que se va rellenando conserva durante varias horas la viscosidad necesaria y poder controlar el tiempo de fraguado, se suprimen las juntas de construcción.

Este procedimiento tiene también el inconveniente de que cuando se presentan clásticos de gran tamaño, dentro de los aluviones, la excavación de la zanja se difi

culta llegando a quedar zonas sin pantalla, teniéndose que, recurrir al procedimiento de inyectado para impermeabilizar éstas zonas.

Otros métodos para la construcción de pantallas impermeables en aluviones, semejantes a los descritos, son por ejemplo, el de pantalla de concreto plástico, que consiste en substituir el lodo de excavación por un concreto que se vuelve deformable, añadiéndole bentonita y reduciendo la proporción de cemento y agregados. La excavación de la zanja, se hace con un equipo pesado con cucharón de almeja, utilizado para la construcción de pantallas plásticas.

La sustitución del lodo bentonítico por el concreto plástico, se hace por medio de un tubo llevado al fondo de la excavación, como se explico anteriormente.

Se tiene también el procedimiento llamado de "pantalla delgada continua", que consiste en un diafragma de impermeabilización de unos 10 cms. de espesor, colado con materiales deformables.

Para construirlo se hince un perfilado metálico en forma de "I" en el suelo (de preferencia por vibración) con inyección simultánea en la base de éste, con una lechada de cemento y bentonita, con el fin de ir consolidando el terreno durante el proceso de hincado.

Cuando se ha logrado la profundidad deseada, la

tabla-estaca, es extraída lentamente mientras se continúa el inyectado de lechada en el hueco correspondiente creado en los aluviones.

Cuando el perfilado queda fuera, la máquina se mueve sobre rieles para crear un tramo semejante al precedente, con un traslape de unos 15 cms. que garantizan la impermeabilización suficiente en caso de alguna desviación longitudinal, además la forma del perfilado garantiza igualmente la impermeabilización, en caso de desviación transversal.

Las juntas quedan suprimidas ya que la tabla-estaca, es hincada en lechada que aún no ha fraguado, este procedimiento sólo se puede emplear en un terreno de granulometría y perforación adecuadas, hasta una profundidad que no exceda de 20.0 m.

Cuando el desplante de la cortina se hace sobre material arcilloso, el cual después de un estudio de mecánica de suelos, mediante la realización de pruebas de campo y laboratorio, que determinen si la arcilla reúne las condiciones favorables para desplantar sobre ella y no se presenten problemas de asentamiento o deslizamientos peligrosos. El problema para el tratamiento de la cimentación, se reduce a efectuar una limpia superficial que abarque las trazas de la cortina, eliminando el material de mala calidad y hacer buena liga entre el material impermeable y el arcilloso.

En este tipo de cortinas llamadas homogéneas de tierra, es necesario construir un filtro vertical y aguas abajo del material impermeable que controle filtraciones para controlar el efecto de tubificación, y a la vez, reduce las presiones hidrostáticas

En el caso de que la roca se encuentre a profundidades inaccesibles cubierta por aluviones permeables, con imposibilidad de tratarlos por cualquier método de impermeabilización, únicamente para desplantar la cortina sobre acarreos compactos de arena y gravas limpias, se eliminará de éstos, las terrazas de materiales de mala calidad y de ser posible, excavar una trinchera parcial para cortar las capas superficiales, que por lo regular son las de mayor permeabilidad y se construirá un delantal impermeable aguas arriba, como prolongación del núcleo impermeable de la cortina.

Este delantal de material impermeable, tiene como objeto asegurar que las filtraciones através de las formaciones permeables de arenas y gravas, tengan trayectorias más largas con flujos más lentos, que no puedan provocar arrastre de materiales finos, ocasionando tubificaciones peligrosas.

La longitud de este delantal depende de la carga hidrostática máxima de la cortina y de la estratificación y permeabilidad de los acarreos.

Es conveniente que aguas abajo de la cortina se construya una banqueta permeable con objeto de contrarrestar la subpresión, motivada por la línea de flujo ascendente, que deberá apoyarse en un filtro que evite la emigración de los materiales finos de la cimentación.

Cuando en las laderas se tenga roca muy fracturada o fisurada a profundidad, es conveniente extender sobre ellas, tanto el delantal aguas arriba como en la banquetta_ aguas abajo.

En la mayoría de los casos es necesario construir pozos de alivio ó bien galerías filtrantes al pie de la cortina, debido a la presencia de artesianillo en la cimentación o bien presiones hidrostáticas altas, aguas abajo del corazón impermeable.

En el desplante para la cimentación de una cortina de concreto o mampostería de sección gravedad, es necesario, además del estudio geológico y de permeabilidad un detallado de mecánica de rocas, con el objeto de que las excavaciones para la estructura o sean las de cimentación, se haga sobre roca sana.

Cuando el fracturamiento de ésta continúe a mayor profundidad, será necesario realizar trabajos de consolidación por medio de una carpeta o tapeta de perforaciones inyectadas a la profundidad requerida. Con objeto de que este tratamiento sea efectivo, previamente se calafateará con concreto la superficie de contacto con la roca, este relleno facilita también el desplante de los monolitos o losas de la estructura, ya que mejora topográficamente la superficie.

Con este tipo de cortinas la pantalla de impermeabilización profunda, se construye desde galerías coladas dentro del cuerpo de la cortina y prolongadas en el macizo rocoso de los empotramientos en las laderas a diferentes elevaciones, de acuerdo con la altura de la estructura. Esta pantalla tendrá su profundidad en función de la carga hidrostática y de los resultados de los ensayos de permeabilidad, pudiendo ser de una o varias líneas.

Es indispensable que una vez efectuados los tratamientos anteriores, se hagan perforaciones de drenaje, tanto aguas abajo de la pantalla, como en las zonas en que la estructura tenga losas superficiales, con el objeto de evitar o reducir hasta donde sea posible las subpresiones.



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



PLANEACION, DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PRESAS

ESPECIFICACION DE SOLDADURA ELECTRICA POR ARCO
Y CALIFICACION DE SOLDADURAS

ING. JORGE SORIANO RAMOS

FEBRERO, 1980



ESPECIFICACIONES PARA CALIFICACION DE SOLDADORES

.....

Con objeto de darse cuenta de la habilidad de un soldador, para producir soldaduras fuertes y sin defectos, deberán hacerse las pruebas que se citan posteriormente para distintas posiciones y tipos.

En todas ellas deberán tenerse en cuenta las condiciones siguientes:

Las pruebas se harán lo mas aproximado posible a las condiciones reales de trabajo en todas las posiciones y tipos de soldadura, ésta deberá presentar buena fusión en ambos lados del cordón, buena penetración en la raíz, no deberá tener partes interrumpidas y la forma del cordón deberá ser uniforme sin presentar amontonamientos o depresiones.

Preparación de las placas de prueba.

Las placas deberán ser del mismo material que se vaya a usar en el trabajo, y deberán ser de tamaño suficiente para preparar los especímenes de prueba de flexión en la cara de la soldadura, flexión en la raíz y en los lados. Se usarán también los mismos electrodos.

Preparación de las placas de prueba para soldaduras de ranura tipo V simple.

Quando la placa que se vaya a soldar tenga un espesor de $3/4"$ o ligeramente superior la placa de prueba se hará de acuerdo con la figura No. 3, usando el mismo espesor para todas las posiciones que se describan posteriormente.

Si en la construcción se presentan piezas de un espesor mayor de $3/4"$, la placa de prueba se hará de acuerdo con la figura No. 4. (Para obtener las dimensiones completas de las placas de prueba ver la tabla No. 1).

Preparación de las placas de prueba para soldadura de filete.

Estas deberán hacerse de acuerdo con las características de la figura No. 5 para todas las posiciones.

Posición en que deberán soldarse las placas de prueba para soldadura de ranura tipo V simple.

Posición IR₁- Las placas se colocarán en posición aproximadamente horizontal como se muestra en la figura No. 6, si la prueba se hace en tubo éste se colocará con su eje en posición aproximadamente horizontal y la ranura aproximadamente vertical, pudiéndose girar el tubo conforme se va depositando el metal, el tubo en todos los casos deberá tener un diámetro mínimo de 6". Esta prueba servirá para calificar al operador en posición plana.

Posición 2R₁- Las placas se colocarán en posición aproximadamente vertical con la ranura en posición aproximadamente horizontal, como se muestra en la figura No. 7, para soldadura en tubo se colocará éste en posición aproximadamente vertical con la ranura en posición aproximadamente horizontal. Esta prueba ya sea hecha en placas o en tubo servirá para calificar al operador en la posición horizontal.

Posición 3R₁- Las placas se colocarán aproximadamente verticales como se muestra en la figura No. 8 con la ranura aproximadamente vertical, esta prueba servirá para calificar al operador en la posición plana vertical.

Posición 4R₁- Las placas se colocarán aproximadamente horizontales pero con la ranura hacia abajo como se muestra en la figura No. 9. La soldadura en el tubo se hará también por abajo, haciéndolo girar conforme se deposite el metal, esta prueba servirá para calificar al operador en la posición plana por abajo.

Posición 5R₁- Se colocará una caja construida de placas como se muestra en la figura No. 10 en una posición aproximadamente horizontal, durante la prueba la caja deberá mantenerse sin girar, lográndose así que el soldador deposite el metal en posición plana vertical y por abajo, calificándolo para estas tres posiciones.

Si la prueba se hace en posición 2R no es necesario hacerla en posi-

ción 1R, si es probado en posición 2R no necesita ser probado en posición 1R, si es probado en posición 4R no es necesario probarlo en posición 1R, y si es probado en posición 3R, no necesita ser probado en posición 1R, 2R, ó 4R.

Posiciones en que deberán soldarse las placas de prueba para soldadura de fillets.

Posición 1F.- Las placas se colocarán en tal posición que cada cordón de soldadura quede con su eje aproximadamente horizontal y con la garganta aproximadamente vertical, como se muestra en la figura No. 11. Esta prueba servirá para calificar al operador en posición plana.

Posición 2F. Las placas o el tubo se colocarán de tal manera que cada cordón de soldadura sea depositado en la parte superior de la superficie horizontal y contra las caras verticales, como se muestra en la figura No. 12, esta prueba servirá para calificar al operador en posición plana horizontal.

Posición 3F. Las placas o los tubos se colocarán en tal posición que los cordones de soldadura sean depositados verticalmente, como se muestra en la figura No. 13, esta prueba servirá para calificar al operador en la posición plana vertical.

Posición 4F. Las placas o los tubos se colocarán en tal posición que los cordones de soldadura sean depositados en la parte inferior de la superficie horizontal y contra las caras verticales como se muestra en la figura No. 14. Esta prueba servirá para calificar al operador en la posición plana (vertical) y por abajo.

Si un soldador es probado en posición 2F, no necesitará ser probado en posición 1F, y si es probado en posición 3F, no necesita ser probado en posición 1F o 2F, si es probado en posición 4F no necesita ser probado en posición 1F o 2F.

Número tipo y preparación de los especímenes de prueba.

Para soldadura de ranura en placas, los especímenes estarán de acuerdo con los datos especificados en la tabla No. 1, para soldadura de ranura en tubos, los especímenes estarán de acuerdo con los datos especificados en la tabla No. 2.

Para soldadura de filate, se harán dos especímenes para cada prueba, preparados de acuerdo con la Figura No. 2.

Tabla No. 1.- Especímenes para calificación de operadores de soldadura de ranura en placas.

Espesor máximo para el cual es calificado el soldador.	Espesor del material para la prueba de soldadura.	NÚMERO Y TIPO DE PRUEBAS REQUERIDAS		
		Flexión en la raíz -- Fig. No. 15	Flexión en la cara -- Fig. No. 15	Flexión en los lados Fig. No. 16
3/4"	3/8"	1	1	---
Mayores de 3/4"	1" máximo	---	---	2

Tabla No. 2 Especímenes para calificación de operadores de soldadura de ranura en tubos.

Espesor máximo para el cual es calificado el operador.	Espesor del material para la prueba.	NÚMERO Y TIPO DE PRUEBAS REQUERIDAS		
		Flexión en la raíz -- Fig. No. 17	Flexión en la cara -- Fig. No. 17	Flexión en los lados Fig. No. 16
3/4"	3/8"	2	2	---
Mayores de 3/4"	1" máx.	---	---	---

Método para probar los especímenes.

Cada espécimen será probado en una plantilla como la mostrada en la figura # 1,

pudiendo usar cualquier sistema para mover la pieza macho con respecto a la pieza hembra, el espécimen se colocará sobre la pieza hembra con el cordón de soldadura a la mitad del claro.

Prueba de flexión en la cara.- El espécimen se colocará con la cara de la soldadura directamente hacia abajo del entrehierro.

Prueba de flexión en la raíz (en soldaduras de ranura y de rigidez en soldadura de fileta). Los especímenes se colocarán con la raíz de la soldadura directamente abajo del entrahierro.

Prueba de flexión en los lados.- Los especímenes se colocarán de tal manera que las partes con mayor defecto estén directamente hacia abajo del entrahierro.

Las pruebas se harán de tal manera que las partes de la plantilla se muevan hasta que la curvatura del espécimen sea tal que un alambre de $1/32''$ de diámetro, no pueda pasar entre la parte curva de la pieza macho y el espécimen, será entonces cuando se termine la prueba.

Requisitos en el resultado de las pruebas.

Después de hecha la prueba, la superficie convexa del espécimen deberá ser examinada, para ver si tiene grietas u otros defectos, cualquier espécimen en donde aparezca alguna grieta cuya dimensión sea mayor de $1/8''$ en cualquier dirección será considerada como mala.

Segunda Prueba.- En caso de que el operador falle en una o varias de las pruebas mencionadas, se deberá hacer una prueba, consistente en 2 placas de soldadura de cada una de aquéllas en donde haya fallado, llenando desde luego todos los requisitos mencionados anteriormente.

Tiempo de efectividad.- Las pruebas de calificación citadas se considerarán con efecto por tiempo indefinido a menos que el examinado se encuentre fuera de esta actividad por período de tiempo de 3 meses o más, o que haya otra razón específica para investigar nuevamente su habilidad para soldar.

Registro de pruebas.- El constructor, contratista o persona encargada de la prueba, deberá conservar un registro de las pruebas de cada uno de los soldadores y deberá tenerlas disponibles para ser examinadas por alguna persona autorizada.

Especímenes Para Calificación de Soldaduras

Los apoyos deben ser endurecidos y engrasados

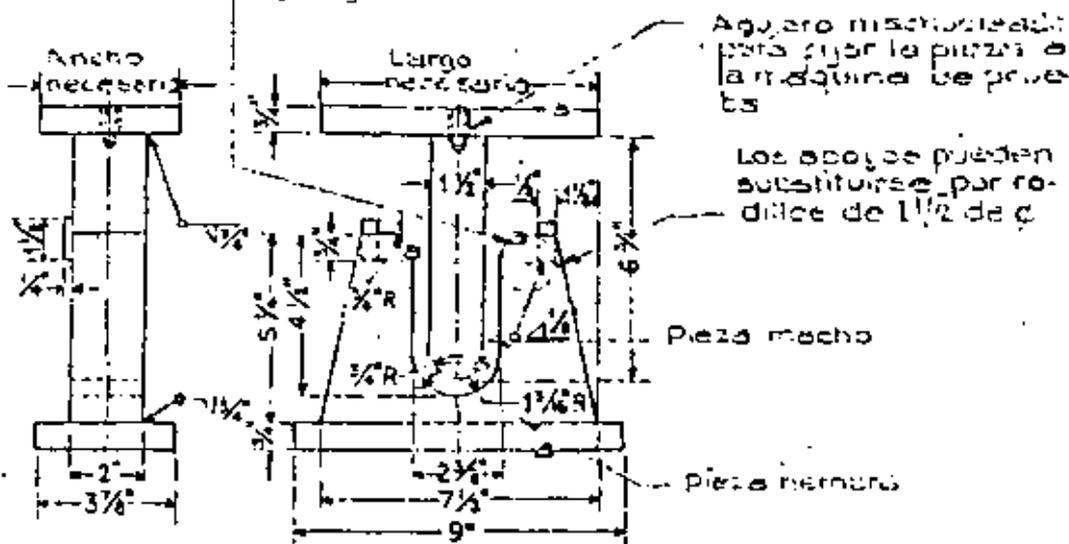


Fig N° 1

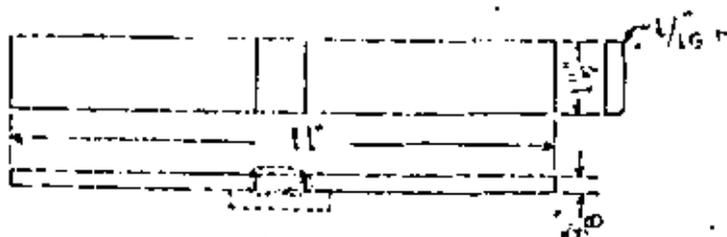


Fig N° 2

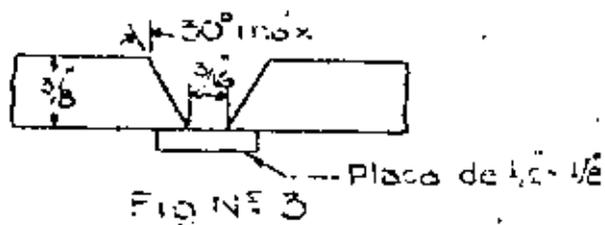


Fig N° 3

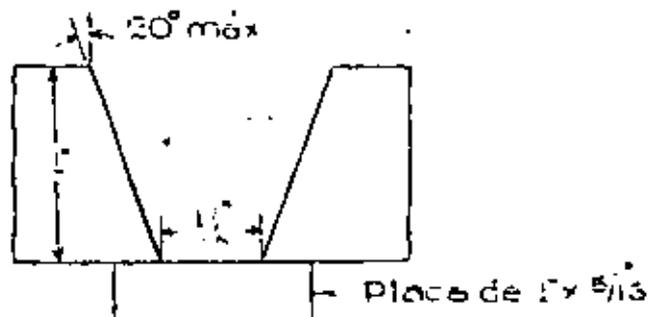


Fig N° 4

Especímenes Para Calificación de Soldaduras

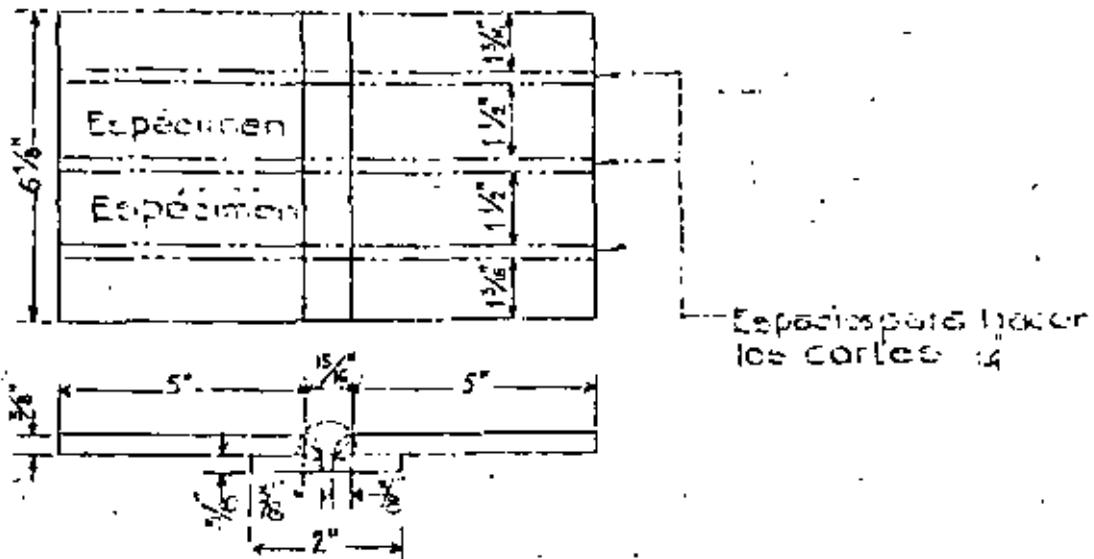


FIG Nº 5



FIG Nº 6

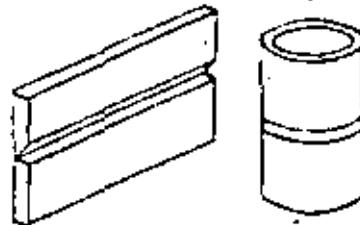


FIG Nº 7

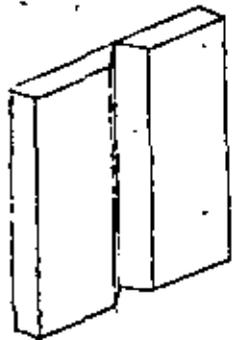


FIG Nº 8



FIG Nº 9

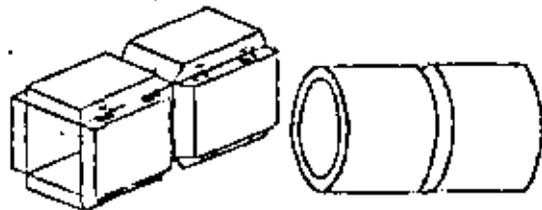


FIG Nº 10

Especimenes Para Calificación de Soldadura



Fig N° 11

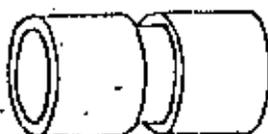


Fig N° 12

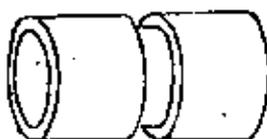


Fig N° 13



Fig N° 14

Las esquinas pueden ser o no maquinadas

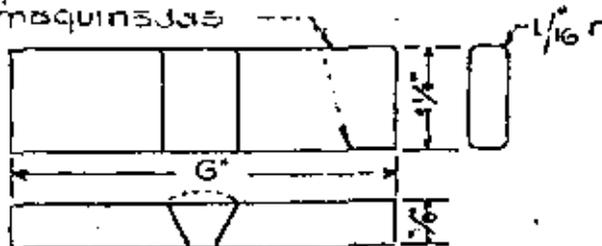


Fig N° 15

La placa de respaldo y la parte superior del cordón de soldadura se maquinara tras de la placa de prueba

Especímenes Para Calificación de Soldadores

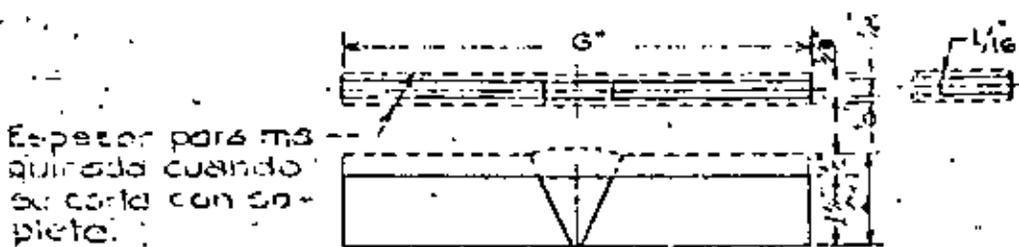
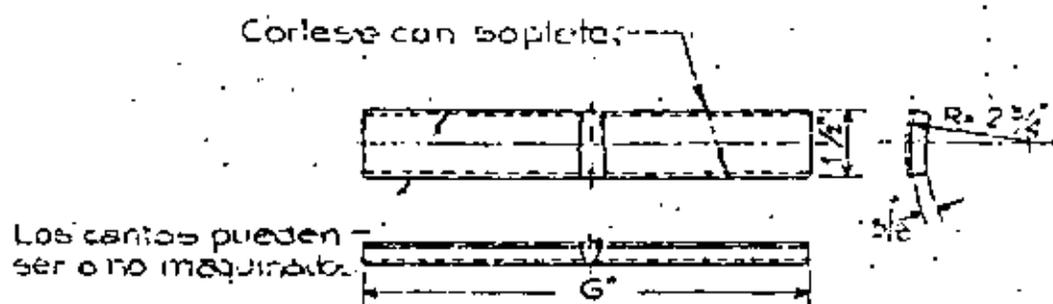
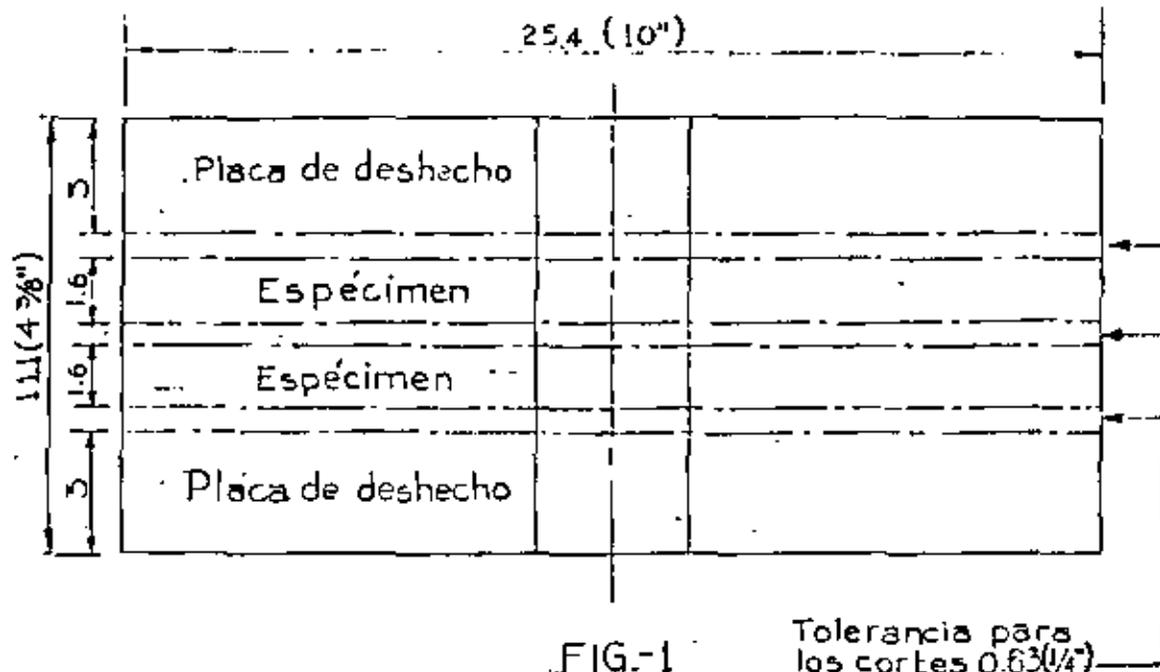
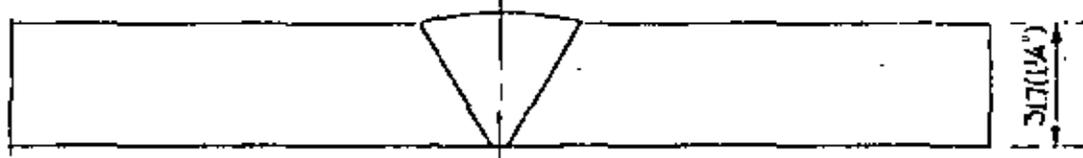


Fig No 16





PLACA DE PRUEBA PARA CALIFICACION DE SOLDADORES



ELEVACION DE LA PLACA.

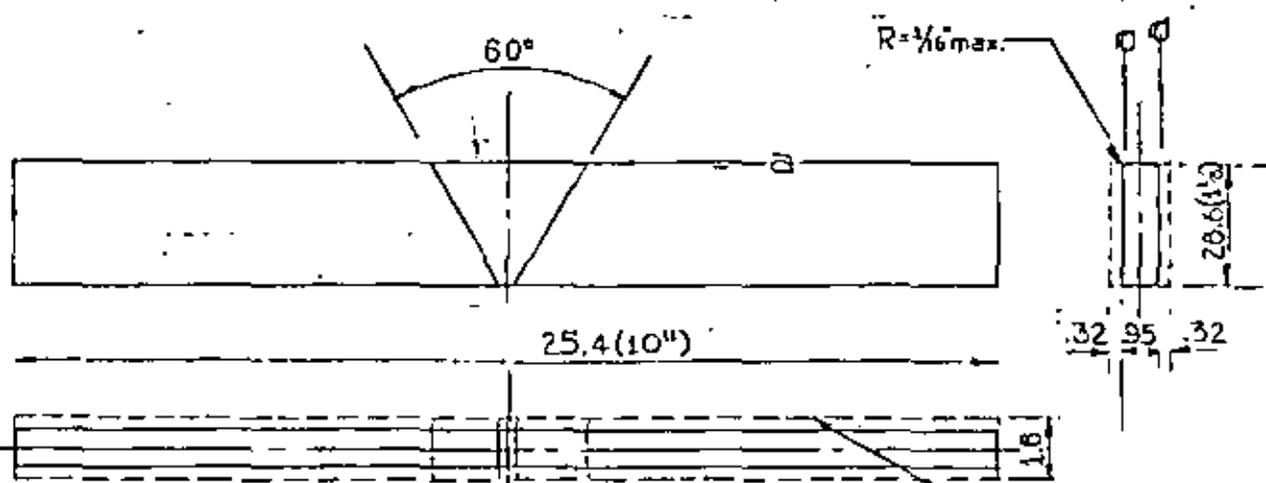


FIG-2
ESPECÍMEN PARA FLEXION LATERAL

Si el corte es con flama, no menos de 3.2 mm, deben ser maquinados.

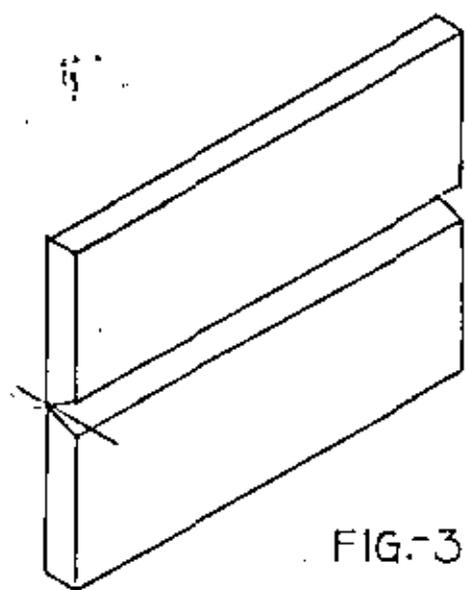


FIG. 3

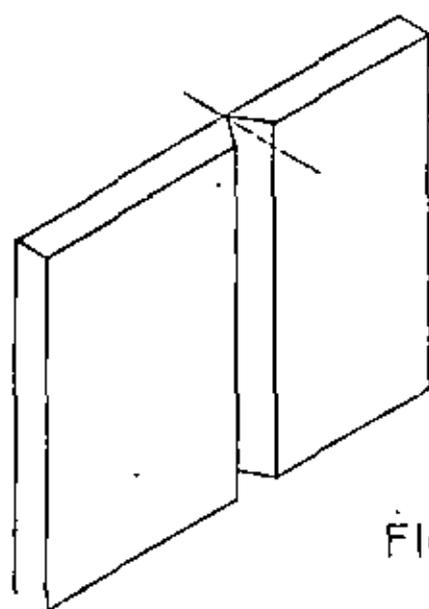


FIG. 4

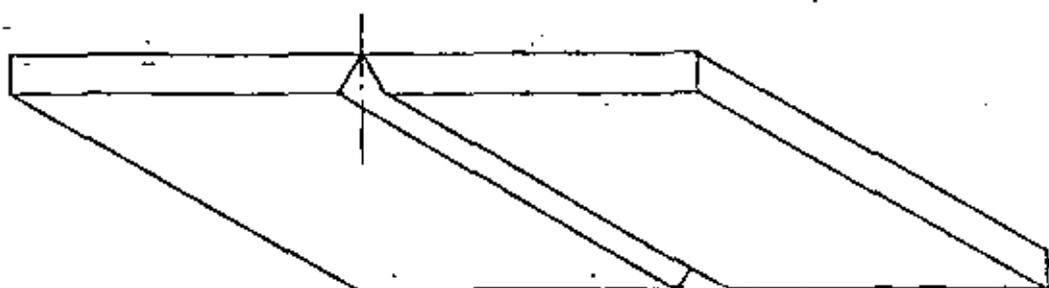


FIG. 5

POSICIONES DE LAS PLACAS DE PRUEBA
PARA CALIFICACION DE SODADORES

PLANTILLA PARA PRUEBA DE ESPECIMENES DE SOLDADURA

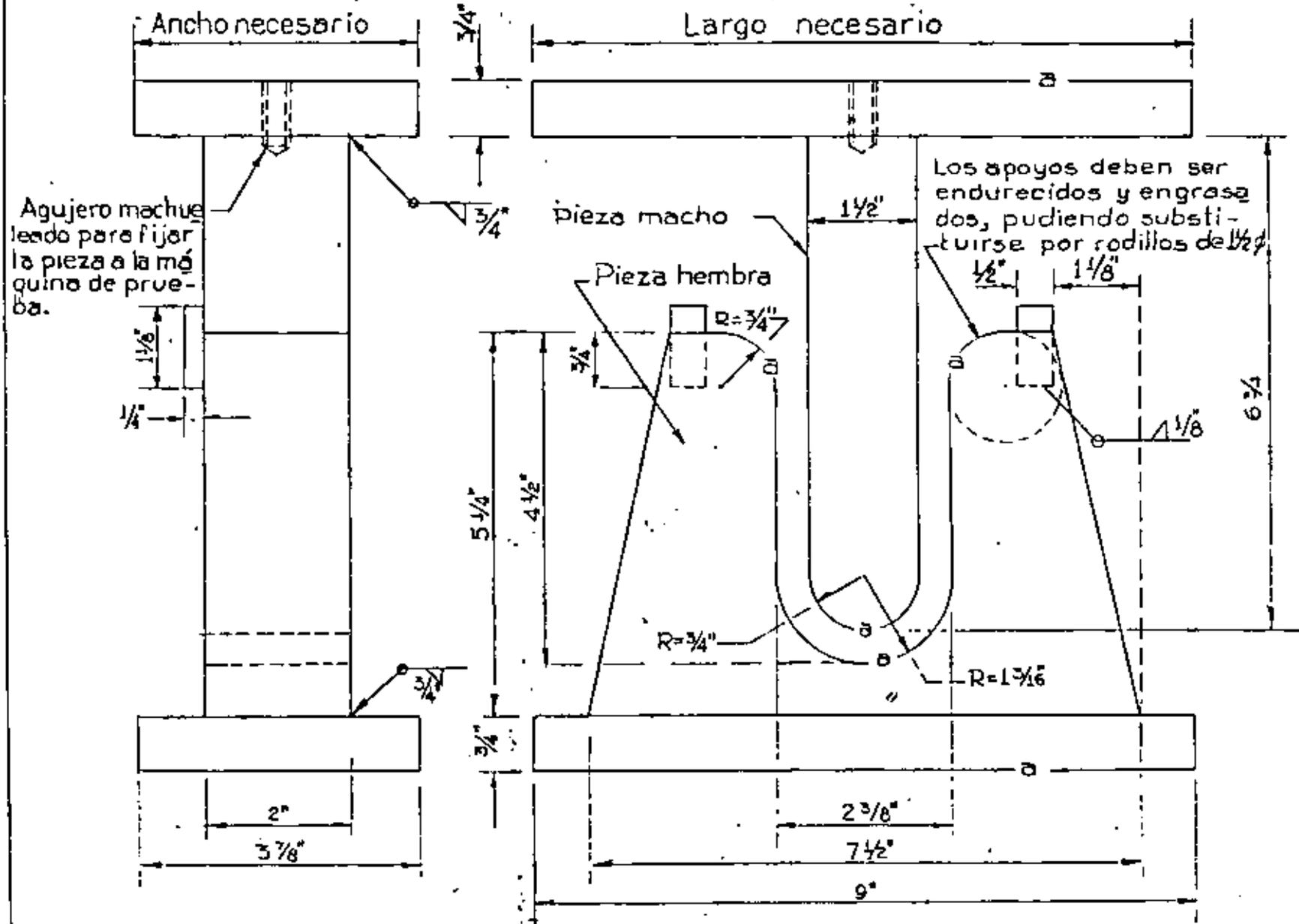


FIG.-6

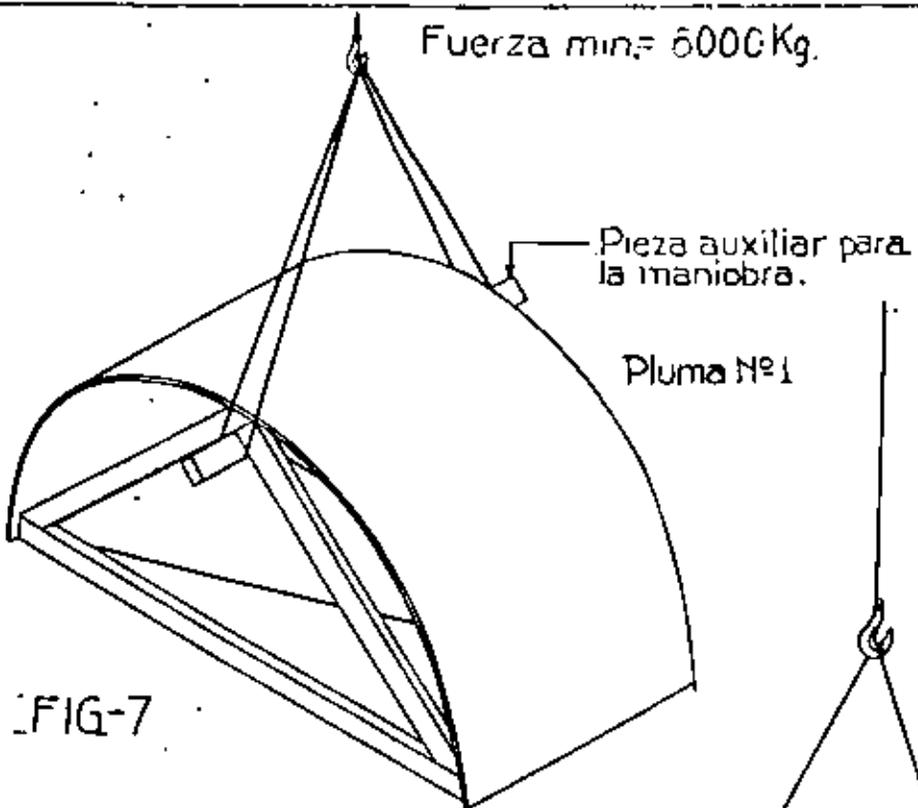


FIG-7

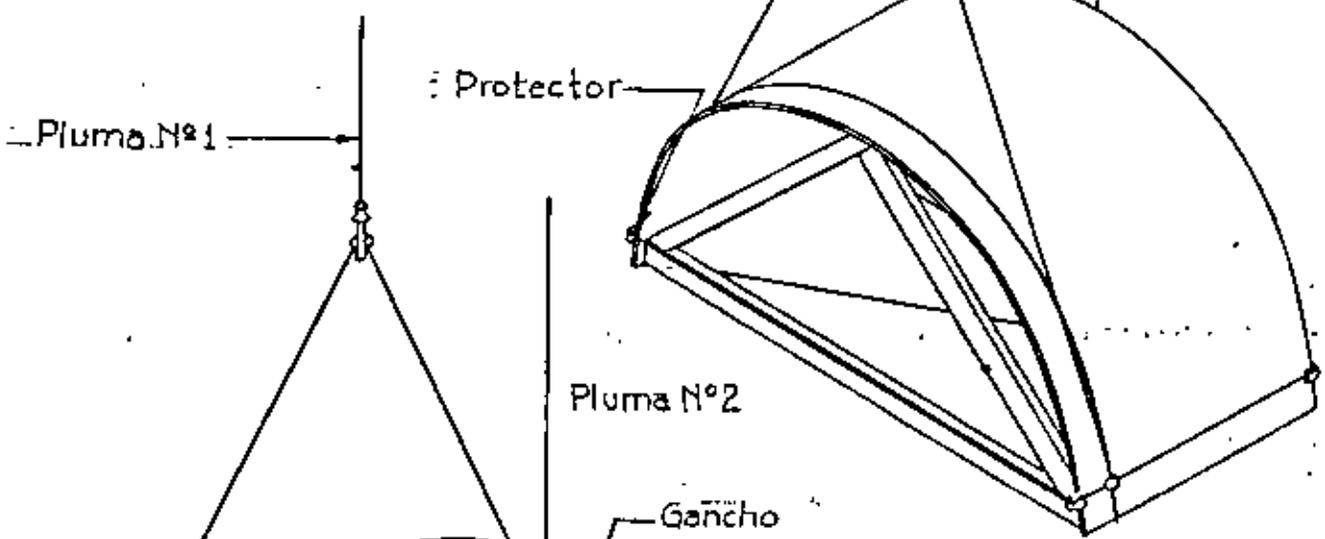


FIG.-8

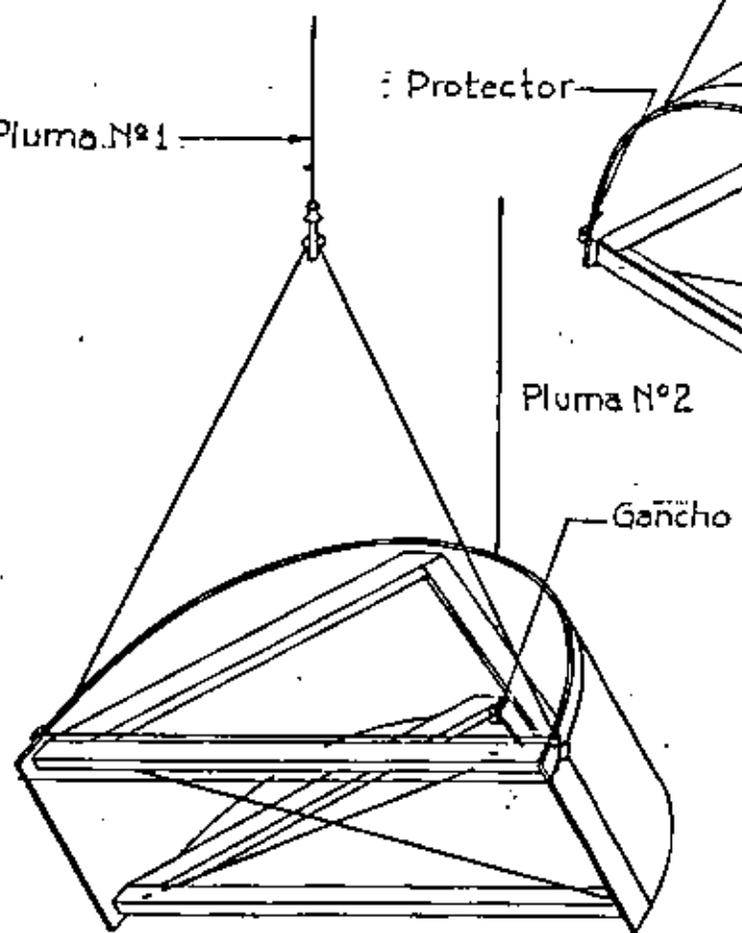


FIG-9

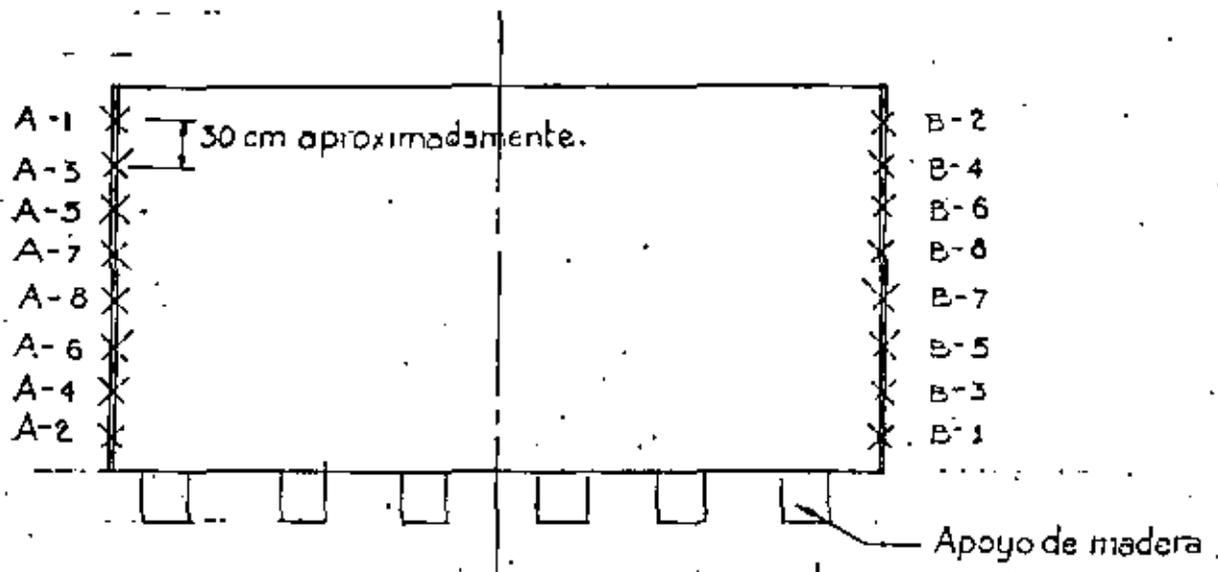


FIG.-10

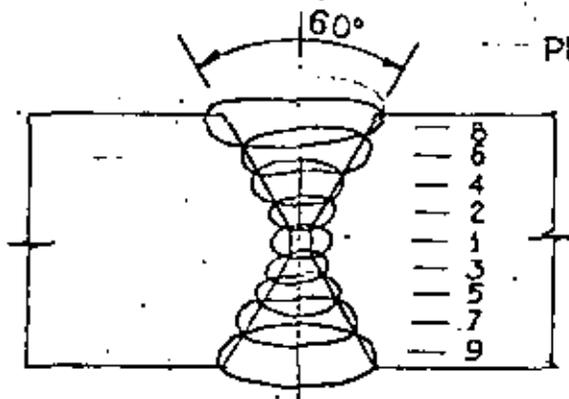


FIG.-11

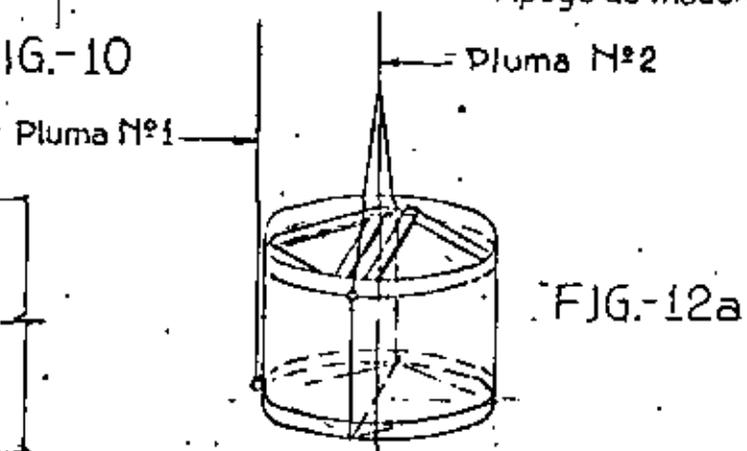


FIG.-12a

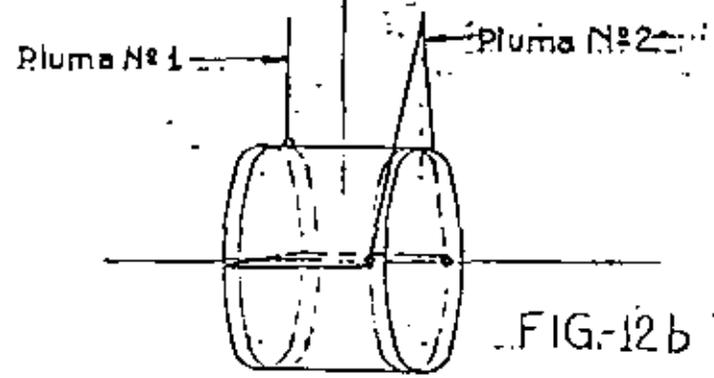


FIG.-12b

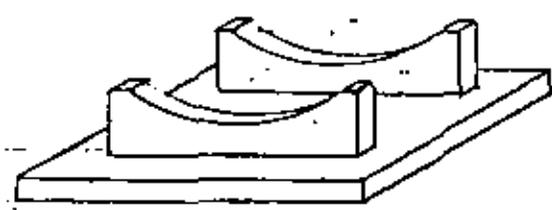


FIG.-13

PLATAFORMA PARA TRANSPORTE.

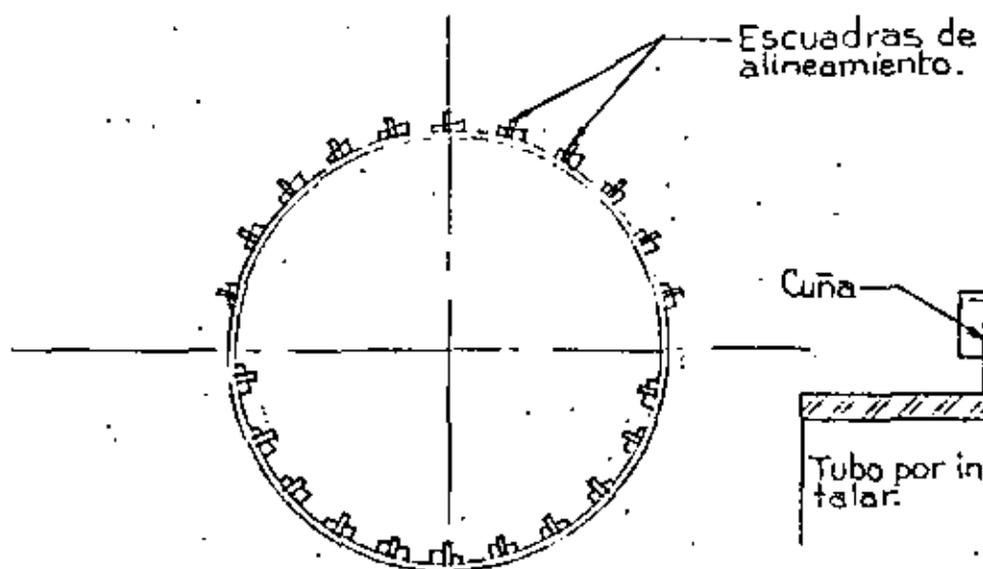


FIG-14

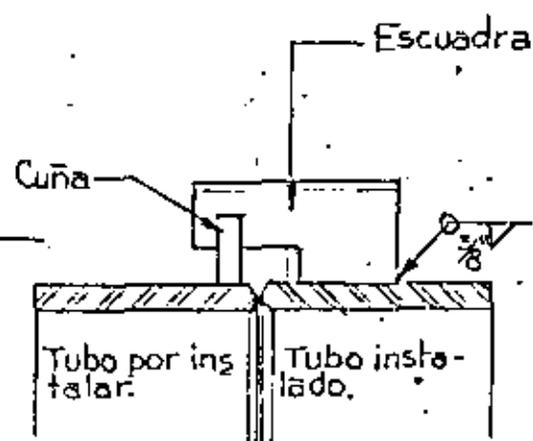


FIG-15

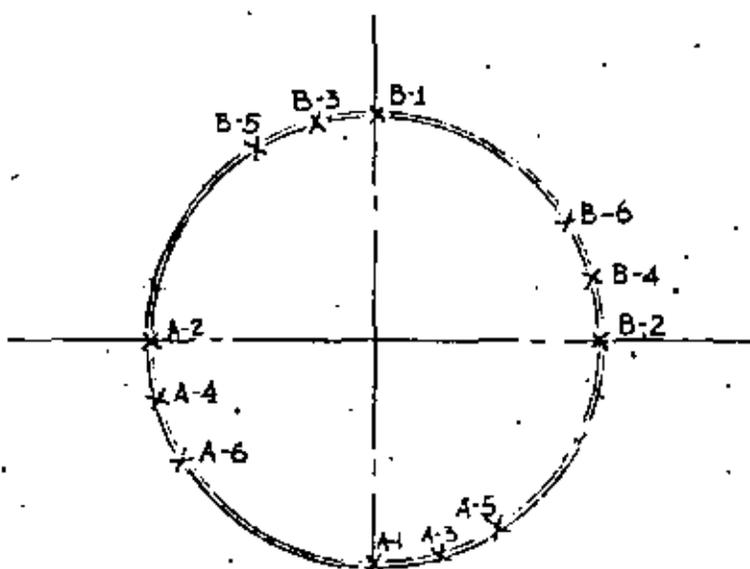


FIG-16

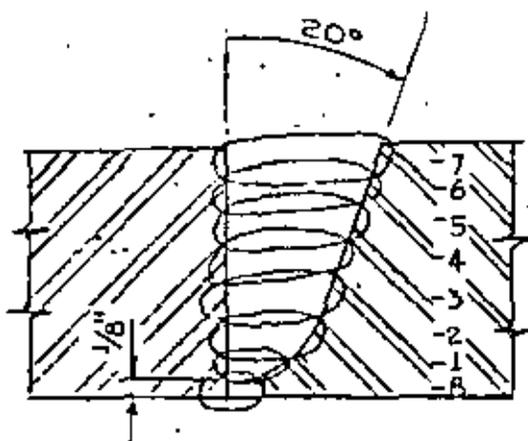


FIG-17

INSTRUCTIVO PARA LA INSPECCION DE SOLDADURA
DE CAMPO EN TUBERIAS DE PRESION

SECCION I.- APLICACION Y ALCANCE.

101.- Este Instructivo establece en general los deberes y responsabilidades del Inspector, al efectuar la inspección de las soldaduras de campo en tuberías de presión. Además tiene el objeto de indicar los requisitos necesarios que debe llenar un Inspector para que pueda cumplir satisfactoriamente con su cometido, proporcionando también algunas sugerencias para el entrenamiento y calificación de Inspectores de Soldadura.

SECCION II.- REQUISITOS PARA UN INSPECTOR DE SOLDADURA.

201.- REQUISITOS ESENCIALES.- Es parte de la responsabilidad del Inspector, cerciorarse de que la soldadura de campo sea de la mejor calidad, sin que esto sea motivo para retrasar la marcha del trabajo. Los siguientes conceptos son los requisitos esenciales que debe tener un Inspector para que pueda sin limitaciones cumplir con lo anterior.

Condición física.- La agilidad del Inspector debe ser tal, que le permita cumplir con sus deberes. Una buena inspección requiere examen del trabajo, antes, en el momento y después de efectuarse, y algunas veces es necesario movilizarse a lugares de difícil acceso para cerciorarse de la calidad de su ejecución.

Visión.- Un Inspector de soldadura debe poseer una buena visión que le permita efectuar una minuciosa inspección de la soldadura, de radiografías o de las indicaciones del aparato Magnaflux. Casi todas las inspecciones de soldadura requieren buena vista para distinguir detalles pequeños.

Actitud.- No debe subestimarse el papel que desempeña la actitud del Inspector ya que de ella depende, el mayor o menor grado de cooperación que obtenga de parte de las personas responsabilizadas con el trabajo que inspecciona. La cooperación que recibe por este conducto el Inspector es algunas veces decisiva para el éxito de su trabajo. En vista de que sus juicios son de trascendencia, al emitirlos, el Inspector debe procurar de que sean cuidadosos, imparciales y consistentes. Debe adoptar y seguir invariablemente una política definida de procedimientos de inspección y bajo ninguna circunstancia debe guiar sus decisiones por el lado del favoritismo o de cualquier otra obligación.

Conocimientos de soldadura.- Un Inspector debe tener suficientes conocimientos acerca del proceso de soldadura que se está usando, para saber cuáles son los defectos más comunes y cómo encontrarlos. Debe estar familiarizado con los errores en que incurran normalmente los soldadores y tener un conocimiento general de las máquinas y técnica que emplean para soldar.

Conocimiento de planos y especificaciones.- Un Inspector de Soldadura debe comprender e interpretar correctamente los -- planos y especificaciones que se utilizan para el montaje de tuberías y conocerlos en tal forma que pueda, en un momento dado, recordar de memoria los detalles de mayor importancia. Debe poder interpretar correctamente todos los símbolos de soldadura.

Conocimiento de los métodos de prueba.- Ya existen varios -- métodos y dispositivos de prueba a disposición del Inspector, para que pueda asegurarse de que la soldadura reúne las condiciones de calidad requeridas. El Inspector está en la -- obligación de conocer el alcance y las limitaciones de cada uno de estos métodos, para que pueda emitir sus juicios con todo conocimiento de causa.

Redacción de Reportes.- El Inspector debe estar capacitado -- para redactar de una manera clara y concisa sus Reportes de Inspección, de manera que sus superiores no encuentren dificultad al interpretar su significado. Los Reportes deben -- ser concisos pero lo suficientemente completos para que sean claros aún para las personas que no están familiarizadas con el trabajo que se inspecciona. Un Reporte bien redactado no solamente protege al Inspector en posibles controversias futuras, sino que le ayudan a reafirmar su política de inspección.

202.- CARACTERISTICAS DESEABLES.- Los siguientes factores no son esenciales pero sin embargo es muy deseable que un Inspector que carezca de ellos trate de compensar esta deficiencia a través del estudio y la observación.

Experiencia en soldadura.- La experiencia como soldador es muy útil para un Inspector de Soldadura, ya que lo capacita para encontrar los defectos más rápidamente, teniendo una mejor idea de su causa. Estará en esta forma mejor capacitado para emitir críticas constructivas al rechazar algún trabajo defectuoso.

Educación y entrenamiento.- Un Inspector de Soldadura completo debe haber tenido previamente un entrenamiento en el -- diseño de tuberías y en metalúrgica. Debe tener conocimientos básicos de inglés, matemáticas y dibujo.

Experiencia de inspección.- La actitud y el punto de vista para una buena inspección solamente pueden ser adquirida a -- través de la experiencia. Si un Inspector de Soldadura ha -- tenido experiencia previa en cualquier clase de inspección -- de ingeniería, esto le ayudará mucho para mejorar su trabajo. Aquellos que carezcan de experiencia deben procurar adquirirla fijándose en la actitud de Inspectores experimentados.

SECCION III.- DEBERES DE UN INSPECTOR DE SOLDADURA.

301.- Generalidades.- Al hablar de los deberes de un Inspector de Soldadura se considera que éste reúne cuando menos los requisitos esenciales enumerados en la Sección anterior y que es competente para hacer la inspección de soldaduras de campo - en tuberías de presión.

Se comprende fácilmente que la función primordial de un Inspector es comprobar que el trabajo que está desarrollando el Contratista cumple con los requisitos prescritos en el Contrato. Para poder dar cumplimiento a esto, el Inspector debe estar en contacto íntimo con las actividades del Contratista, no precisamente porque el Contratista quiera intencionalmente menospreciar ciertos requisitos del Contrato, sino porque puede incurrir en errores debidos a su falta de familiaridad con los problemas que se presentan al instalar tuberías de presión. La corrección de los errores que se presentan quedan bajo la responsabilidad del Contratista, pero el Inspector debe procurar que tales errores o defectos los conozca el Contratista lo más pronto posible, con el objeto de que puedan ser corregidos sobre la marcha del trabajo.

El Inspector debe darse cuenta de que tiene un puesto de importancia y responsabilidad, y por lo tanto debe procurar -- conducirse mostrando habilidad y sentido común. Debe trabajar de preferencia durante las mismas horas en que trabaja - el Contratista y debe observar el reglamento de trabajo dentro del cual labora el personal, así como guardar las reglas de seguridad establecidas en el lugar del trabajo por el Contratista, sin que se considere exento de seguir estas obligaciones porque su posición le confiere ciertos privilegios especiales. En sus tratos con el Contratista el Inspector debe ser imparcial, rendir sus decisiones prontamente y ser tolerante al oír las opiniones de otros, sin embargo al dar -- sus dictámenes, no debe dejarse influenciar indebidamente -- por esas opiniones.

Los deberes del Inspector de Soldadura, pueden resumirse a - los siguientes puntos:

- a).- Interpretación de dibujos y especificaciones.
- b).- Verificación de procedimientos y calificación de soldadores.
- c).- Comprobación de que se va a usar el procedimiento apropiado de soldadura.
- d).- Inspección minuciosa de las juntas soldadas.
- e).- Soloción de probetas para pruebas.

- f).- Interpretación de los resultados de las pruebas.
- g).- Preparación de registros y reportes.

SECCION IV.- PROCEDIMIENTOS DE INSPECCION.

401.- Generalidades.- Para la inspección de soldadura de campo -- pueden seguirse los siguientes métodos:

- a).- Inspección por medio de radiografías efectuadas con aparatos semi-portátil de Rayos X o por medio de una cápsula de Radium.
- b).- Inspección por medio de magnetismo (magnaflux).
- c).- Inspección visual.

El método más simple y expedito para el caso de tuberías es el de la inspección visual, aún cuando puede emplearse además cualquiera de los métodos mencionados, de acuerdo con la importancia de la obra. En este Instructivo solamente se describe el procedimiento de inspección visual, en virtud de que es el único de que no necesita personal altamente especializado.

La inspección visual debe hacerse antes, en el momento y después de efectuada la soldadura.

402.- Inspección antes de efectuarse la soldadura.- El Inspector deberá atender a los siguientes conceptos antes de que se efectúe la soldadura de campo:

- a).- Debe de presenciar las pruebas de calificación de soldadores.
- b).- Comprobar que el procedimiento de soldadura a seguir es el aceptado en las especificaciones.
- c).- Comprobar que los electrodos que se usarán son los aceptados en las especificaciones.
- d).- Comprobar que las dimensiones físicas de los tramos de la tubería concuerdan con el plano de montaje.
- e).- Comprobar que la posición del tubo corresponde a la marcada en el plano de montaje.
- f).- Comprobar que los chaflanes de las uniones son de la forma y del tamaño pedido en el plano de montaje.
- g).- Comprobar que la separación de los chaflanes está dentro de los límites aceptables.

h).- Comprobar que esté limpio el metal de base.

403.- Inspección en el momento de efectuarse la soldadura.- El -- Inspector deberá atender a los siguientes conceptos al efectuarse la soldadura:

- a).- Comprobar que el soldador está usando el tamaño de electrodo adecuado a la junta que está soldando.
- b).- Comprobar que el voltaje, la corriente y la velocidad del arco son normales.
- c).- Provisto de una carota para soldar, debe observar las características del arco y del metal depositado cuando se está efectuando la soldadura.
- d).- Comprobar que el soldador limpia perfectamente la escoria de la soldadura, antes de depositar otro cordón -- arriba del anterior, en el caso de uniones que requieran varias pasadas para completarse.
- e).- Comprobar la reparación de defectos antes de depositar cordones superiores, en el caso de uniones que requieran varias pasadas para completarse.

404.- Inspección después de efectuarse la soldadura de campo.- Después de efectuada la soldadura, esta conserva ciertos signos característicos que revelan una información considerable al Inspector. Estos signos característicos se relacionan con -- el tamaño y forma del cordón, apariencia del cordón, apariencia de la escoria, recortes laterales, traslapado, localización de cráteros (lugares que indican dónde el operador empezó y terminó de soldar). Un estudio de la soldadura y la interpretación apropiada de estos signos característicos indicarán las desviaciones habidas en las condiciones normales -- de corriente, voltaje y velocidad del arco, que dan por resultado una soldadura defectuosa.

Las figuras siguientes muestran los perfiles de soldaduras -- aceptables y defectuosas. Para la inspección de la soldadura después de efectuada ésta, el Inspector debe ayudarse de calibradores especiales para medir el tamaño de la soldadura.

SECCION V.- DEFECTOS DE LA SOLDADURA.

501.- Generalidades.- Los defectos de soldadura pueden ser clasificados en 3 grupos: primero, aquellos que están asociados -- con los requisitos de las especificaciones o con los dibujos; segundo, aquellos que se relacionan con discontinuidades estructurales de la propia soldadura; y tercero, aquellos que se relacionan con las propiedades del metal de la --

soldadura. Estas clases de defectos pueden además subdividirse como sigue:

Defectos dimensionales.

- a).- Deformaciones.
- b).- Preparación incorrecta de la junta.
- c).- Tamaño incorrecto de la soldadura.
- d).- Perfil incorrecto de la soldadura.

Defectos estructurales en la soldadura.

- a).- Porosidad.
- b).- Inclusiones no metálicas.
- c).- Fusión imperfecta.
- d).- Penetración incompleta.
- e).- Recortes laterales.
- f).- Grietas.
- g).- Defectos superficiales.

Defectos del metal de la soldadura.

- a).- Propiedades mecánicas defectuosas.
- b).- Propiedades químicas defectuosas.

Ya que es imposible proporcionar reglas que permitan al Inspector de Soldadura identificar todos los factores que pueden causar defectos en las juntas soldadas, a continuación se describirán brevemente algunos defectos mencionados anteriormente.

502.- Deformaciones.- La operación de soldar implica la aplicación de calor a través del arco en secciones localizadas de la tubería. Este calor aplicado produce contracciones y expansiones de la plancha que persisten aún después de que el material se ha enfriado, en la forma de deformaciones que algunas veces llegan a ser de importancia. Cuando la parte soldada está cerca de un atizador o un apoyo, estas deformaciones no son apreciables, sin embargo, los esfuerzos introducidos en el cordón de soldadura pueden ser de importancia. Para prevenir este defecto, se acostumbra utilizar dispositivos que aumenten la rigidez de la junta, soldando en una secuencia tal que los efectos de los esfuerzos se neutralicen y las deformaciones que se produzcan sean pequeñas.

- 503.- Tamaño incorrecto de la soldadura.- El tamaño de un filote de soldadura es la longitud del lado más corto de la sección triangular. El tamaño de la soldadura en una junta con ranura es la profundidad de la ranura más la profundidad de la zona fundida. Los defectos de la soldadura debidos a un tamaño insuficiente o excesivo pueden encontrarse facilmente por medio de calibradores especiales.
- 504.- Perfil incorrecto de la soldadura.- El perfil del cordón de soldadura ya acabado, puede tener un efecto de consideración en el comportamiento de la junta soldada, ya que su configuración influye en la distribución de los esfuerzos que se presentan. Los siguientes son los defectos más comunes:
- a).- Traslapado.- Se presenta comunmente en juntas de filote triangular. Este defecto consiste en que el material depositado por el electrodo, al solidificarse, forma un rebordo en la parte inferior del cordón, creando una discontinuidad en el material, que produce una concentración de esfuerzo en dicho rebordo. El traslapado es un defecto debido al uso de una técnica de soldadura incorrecta o a condiciones eléctricas incorrectas.
 - b).- Convexidad en exceso.- Este defecto, como el anterior, tiende a producir concentración indebida de esfuerzo. Es también perjudicial en caso de cordones que requieren varias pasadas para completarse, porque favorece la inclusión de escoria y la falta de fusión. Este defecto también se debe al uso de una técnica de soldadura incorrecta o a corriente insuficiente en el arco.
 - c).- Concavidad en exceso.- Se presenta usualmente en uniones que usan filote triangular. En estas uniones, la resistencia del cordón es considerablemente menor que la del cordón normal del mismo tamaño, ya que la "garganta" del filote cóncavo es menor. En el caso de filotes depositados horizontalmente hacia abajo, este defecto es debido al uso excesivo de corriente al soldar o a una longitud de arco excesiva. En el caso de filotes depositados verticalmente, este defecto no tiene remedio, a menos que no interese que el cordón quede con lados mayores que el cordón normal.
 - d).- Soldadura reforzada en exceso.- Ocurre usualmente en juntas a tope con ranura o sin ella. Este defecto tiende a producir concentración de esfuerzo en la junta porque aticea la sección y se debe al uso de una técnica de soldar incorrecta o al uso de corriente insuficiente.

505.- Porosidad.- Este término se usa para describir los huecos de forma globular que frecuentemente se encuentran en los cordones de soldadura. En realidad estos huecos son una forma de inclusión que resulta de las reacciones químicas durante el proceso de soldadura.

La porosidad se puede prevenir evitando el uso de excesivas corrientes o longitudes de arco demasiado grandes.

La distribución de la porosidad en la soldadura es de alguna importancia. Esta puede ser clasificada como sigue: porosidad uniforme, porosidad en grupos y porosidad lineal.- La forma de corregir este defecto cuando es de gran importancia, consiste en remover el metal poroso hasta encontrar el metal sano y volver a soldar la junta con la corriente adecuada al tamaño del electrodo y a la velocidad que se está usando.

506:- Inclusiones no metálicas.- Este término se usa para describir las inclusiones de forma globular o alargada que contienen óxidos y otros sólidos, que comúnmente se encuentran en los cordones de soldadura. Algunos de los productos de la reacción química que toma lugar durante el proceso de la soldadura, son compuestos no metálicos que son solubles solamente en un grado pequeño y a temperaturas muy altas, de manera que al solidificar el metal, la parte de sólidos que no es soluble, debido a su menor peso específico, tiende a subir a la superficie. Algunas veces la solidificación es demasiado rápida, dando lugar a la presencia de este defecto.

La mayor parte de las inclusiones de escoria pueden prevenirse por medio de una preparación adecuada de la ranura antes de que sean depositadas las capas subsiguientes, en el caso de juntas que requieran varias pasadas para completarse.

Hay varios tipos de inclusiones no metálicas: Escoria localizada en la parte de la raíz, escoria en la zona de fusión y escoria ocluida en la superficie. Por los métodos visuales de inspección solamente es posible percibir las inclusiones no metálicas que aparecen en la superficie, — las otras necesitan de medios radiográficos para ser descubiertas.

507.- Falta de fusión.- Este defecto consiste en que el metal depositado en el cordón de soldadura no queda perfectamente unido al metal de base y puede ocurrir en cualquier parte de la ranura de una junta que requiera varias pasadas para completarse.

La falta de fusión puede ser causada por la falta de temperatura en el metal de base, en el caso de juntas que requieran precalentamiento, por usar electrodos de calidad -

dudosa o por el uso incorrecto de la corriente y el voltaje del arco. Puede evitarse este defecto, asegurándose que las superficies por soldar están libres de materiales extraños perjudiciales y por el empleo de operadores que han demostrado su habilidad para hacer soldaduras correctas.

- 508.- Penetración incompleta.- Este término se usa para describir el defecto que consiste en que el metal depositado -- por la soldadura no se funda integramente en la raíz de la soldadura. Este defecto puede ser evitado proporcionando al arco las condiciones de corriente y voltaje adecuados al electrodo con que se está soldando. La penetración incompleta es particularmente indeseable si la raíz del cordón está sujeta a esfuerzos de tensión directa o flexión. El área donde la fusión no es completa permite la concentración de esfuerzos, los cuales pueden hacer fallar la junta sin deformación apreciable.

Existen otras causas que pueden dar por resultado una penetración incompleta en el cordón de la soldadura, como -- por ejemplo un diseño de ranura defectuoso para el lugar donde se va a soldar, o un tipo de electrodo inadecuado -- para la junta que se está soldando, sin embargo aquí se está suponiendo que el diseño y la selección de electrodos es correcta.

CAPITULO

ESPECIFICACIONES DE SOLDADURA ELECTRICA

CLASIFICACION DE ELECTRODOS.- (Soldadura o material de aportación).-

Los electrodos que se indican son similares entre si, pero cada uno tiene sus características individuales que lo hacen mejor que -- otros para efectuar trabajos determinados. Los electrodos se dividen en grupos de características básicas comunes:

Electrodos de solidificación rápida cuya característica es la de depositar una soldadura que solidifica rápidamente. Esta característica es importante cuando existe la posibilidad de que la escoria o el mismo metal de soldadura se corra fuera de la junta, como sucede por -- ejemplo al soldar en posición vertical o sobre cabeza.

Esta facilidad es el rasgo más destacado de los electrodos -- Fleetweld 5 (E6010), Fleetweld 5P, Fleetweld 35 (E6011) y Fleetweld 180 -- para acero dulce.

Electrodos de relleno rápido cuya característica es la de depositar rápidamente el metal de aportación. Podría considerarse como el -- extremo opuesto de los que solidifican rápidamente, es la característica más sobresaliente de los electrodos Jetweld 1 (E6024), Jetweld 2 -- (E6027) y Jetweld 3 (E7027) que puedan utilizarse para soldar aceros -- al carbono de cualquier contenido y aceros de baja aleación.

Electrodos de relleno y solidificación cuyas características -- combinan en cierto grado ambas propiedades anteriores. Dentro de este -- grupo existen diferencias considerables, algunos electrodos son principalmente de relleno rápido con poca solidificación rápida, otros tienen la tendencia a rellenar rápidamente pero con solidificación rápida considerable. Estos electrodos tienen otra característica singular, llamada de seguimiento rápido, es la propiedad de depositar un cordón ocu-- ño sobre las juntas de láminas de calibre 10 al 20, con altas velocidades de avance, sin saltos ni interrupciones en el cordón: Fleetweld 7, -- Fleetweld 7P, Fleetweld 37, Fleetweld 47.

Bajo contenido de hidrógeno así se clasifican los electrodos cuyo revestimiento casi no contiene hidrógeno producen cordones resis-- tentes al agrietamiento debajo del mismo y resistentes también a las -- grietas microscópicas. Tienen además una ductibilidad excepcional. Sin -- P.IFICAN los procedimientos de soldadura de los aceros difíciles de -- soldar, alto y medio carbono y los de alta resistencia a la tensión, -- al reducir el calentamiento, Jetweld LH-70 y Jetweld LH-3800 (o equi-- valente).

Pasos en la Selección de Electrodos

Estudios previos de trabajo.

Los requisitos del trabajo son la base para la selección del -- electrodo.

Estúdiese cuidadosamente el trabajo a efectuar para determinar lo que el electrodo debe ejecutar. Deben considerarse los puntos siguientes:

- 1.- Requisitos del Código de Soldadura
- 2.- Propiedades del metal base.
- 3.- Posición de la junta
- 4.- Tipo de junta
- 5.- Cantidad de soldadura requerida
- 6.- Ajuste de la presentación
- 7 - Tipo de corriente disponible.

SELECCION INDIVIDUAL DE LOS ELECTRODOS.-

Dentro del grupo que se ha elegido debe seleccionarse el electrodo que reúna las propiedades físicas y las características operativas deseadas. Luego se comprueban las propiedades especiales en los otros electrodos, en los diferentes grupos, para asegurarse de que se han considerado todos los electrodos que pudieran usarse. Si más de un electrodo parecieran ser adecuados en igual grado para el trabajo deben probarse en la obra: uno de ellos demostrará su superioridad sobre los otros para ejecutar el trabajo.

Electrodos	Solidificación rápida	Relleno rápido	Relleno y Solidificación	Bajo tenor de hidrógeno
Para soldar acero dulce	Electweld 5 " 5 P " 35 " 180	Jetweld 1 " 2 " 3	Electweld 7 " 7MP " 37 " 47 y 77	Jetweld LH-70 Jetweld LH-38 " 00
Para soldar acero de baja aleación y alta resistencia a tensión.	Shield arc 85 85P 90	Jetweld 1 y 3 2 MP		Jetweld LH-70 y " LH-3800 Jetweld LH-90 Jetweld LH-110
Para soldar aceros inoxidables		Stainweld		
Para soldar bronce Para soldar Fe-fundido.		Acrisweld Ferroweld o Sofweld.		

El electrodo Jetweld 3 presenta facilidades al soldar aceros de baja aleación y alta resistencia a la tensión, aunque se clasifiquen como acero dulce.

Electrodos Clase E-6010, de la A.S. Grado SA-1, aprobado por Lloyd's y American Bureau of Shipping, corresponde en especificación al electrodo "Fleetweld 5" de acero protegido, para ser operado con corriente continua. Produce soldaduras de gran penetración y buenas propiedades físicas se adapta para soldar:

- 1.- A alta velocidad a tope y sin chaflán en posición plana.
- 2 - Tubería, tanques a presión y todo trabajo sujeto a inspección con rayos "X", en todas las posiciones.
- 3.- Acero estructural, maquinaria, soldadura naval en donde se exija el electrodo de la clase E-6010 en todas las posiciones
- 4.- En cualquier posición en donde se requiera penetración profunda.
- 5 - Cordones especialmente planos en la soldadura a tope y sin chaflán en posición sobre - cabeza, soldaduras en ángulo, en cualquier posición o soldadura de canto en chapas.

HIERRO GALVANIZADO.

Este electrodo es el que más se usa en la industria, su principal característica es la solidificación rápida.

Resistencia a la tensión	4360 Kg/cm ²
Esfuerzo en el punto cedente	3561 Kg/cm ²
Esfuerzo al 90% del límite elástico	2534 Kg/cm ²
Esfuerzo de trabajo a la tensión	1584 Kg/cm ²
Esfuerzo de trabajo al corte	914 Kg/cm ²
Elongación en 5.08 cm (2")	28%

Polaridad: Electrodo al positivo y la pieza al negativo.

Identificación: Revestimiento blanco.

Electrodo "Fleetweld 7" Clase F-6012

Es de arco protegido para ser operado con corriente continua o alterna. Debe usarse para soldar a alta velocidad acero dulce o de baja aleación. puede usarse en todas las posiciones. Produce con facilidad un cordón liso ligeramente convexo. Tiene alta velocidad de fusión, pérdidas mínimas por salpicadura.

Este electrodo ha sido aprobado por Lloyd's y el American Bureau of Shipping. Corresponde a las Especificaciones A-1 y F-2 sección IX del Código para calderas de la ASME. Se recomienda especialmente para:

- 1.- Soldaduras cortas, intermitentes, de alta velocidad en posiciones planas y ángulo horizontal.
- 2.- Soldadura de junta doblemente preparadas.
- 3.- Soldadura de ángulo en posición horizontal en placas delgadas.

4.- Soldadura de alta velocidad a solapa y soldadura en ángulo exterior en posición plana,

5.- Soldadura de metales de baja calidad cuando deba reducirse al mínimo la mezcla con el metal base.

Resistencia última a tensión 4 710 a 5620 Kg/cm².

Esfuerzo en el punto cedente 3 860 a 4850 Kg/cm².

Esfuerzo al 80% del límite elástico 3 088 a 3880 Kg/cm².

Esfuerzo de trabajo 1 180 a 1410 Kg/cm².

Elongación en 5.08mm (2") 22 a 27%.

Polaridad. Con corriente continua, el electrodo al negativo y la pieza, al positivo. También puede usarse C.A.

Identificación: Revestimiento canela.

Electrodo FLEETFIELD 7 MP. Clase E 6012

De alta velocidad de avance para soldar acero dulce en todas las posiciones, con corriente continua o alterna. Es un electrodo revestido de tipo arco protegido: suelta más rápidamente que los electrodos E-6012, corrientes y con rapidez de solidificación amplia para soldar en todas las posiciones. El arco de penetración mediana, prácticamente no produce salpicaduras. El cordón es convexo, muy liso y con pequeñas ondulaciones cuando se suelta en posición plana. La escoria cubre completamente el cordón y se quita fácilmente: el arco en ambos tipos de corriente, es suave y muy estable. Corresponde a las especificaciones F-2, A-1 sección IX del Código para calderas.

Resistencia última a tensión 4 710 a 5 270 Kg/cm².

Esfuerzo en el punto cedente 3 860 a 4490 Kg/cm².

Esfuerzo al 80% del límite elástico 3 300 a 3592 Kg/cm².

Esfuerzo de trabajo 1 180 a 1 320 Kg/cm².

polaridad: Con corriente continua, el electrodo debe conectarse con el negativo y el positivo a la pieza. También puede usarse corriente alterna.

Identificación Revestimiento Pizarra.

Electrodo FLEETFIELD 180 Clase E-6011. Es de arco protegido para soldar en todas las posiciones con corriente alterna ó continua. Se caracteriza por tener profunda penetración y solidificación rápida, casi sin escoria homogénea: Las propiedades físicas son similares a las de la clase E- 6013. Especificación A-1 y F-3, Sección IX del Código para calderas de las ASME. Este electrodo es apropiado para:

1.- Soldar en todas las posiciones o en donde pueda usarse con ventaja la técnica con movimiento oscilatorio en zig-zag.

2.- Soldar metales galvanizados

3.- Soldar material oxidado, sucio o levemente pintado.

4.- Ser usado por operarios con poca práctica que tengan dificultades con la escoria.

5.- Penetración profunda con corriente alterna o continua.

PROPIEDADES FISICAS.-

Resistencia última a tensión	= 4360 a 5410 Kg/cm ²
Esfuerzo en el punto cedente	= 3510 a 4570 " "
Esfuerzo al 80% del límite elástico	= 2848 a 3656 " "
Esfuerzo de trabajo	= 2278 a 2925 " "
Elongación en 5.08 cm (2")	= 22% a 28%
Peso específico	= 7.82 a 7.86 g/cm ³
Resistencia a la corrosión comparable a la del acero dulce.	

COMPOSICION QUIMICA:-

Carbon	= 10 %
Molibdano	= .40 a 0.85%
Manganeso	= 0.35 a 0.60%
Silicio	= .12
Azufre	= 0.025
Polaridad:	invertida

Ideal para operar con equipos de soldadura tipo tipo transformador y corriente alterna.

IDENTIFICACION.-

Revestimiento: Canelo

Electrodo Jetweld LH-70.- Clase E - 6018 , se usa con corriente continua, con polaridad inversa, se usa principalmente para soldar aceros difíciles de soldar en todas las posiciones, el metal de soldadura se solidifica rápidamente aunque la escoria permanece relativamente fluida. El arco quieto de mediana penetración y con poco chisporroteo y amperaje -- óptimo. Escoria moderadamente abundante, produce un cordón de aspecto -- excelente y se quita fácilmente. Cordón convexo de ondulaciones visibles. Corresponde a las Especificaciones A-1. y F-1, Sección IX del Código para Calderas de la ASME y han sido aprobadas por el American Bureau of -- Shipping y Lloyd's. Estos electrodos son los indicados para soldar aceros difíciles de soldar en todas las posiciones:

- 1.- Para reducir o eliminar la necesidad de precalentar los aceros de contenido mediano de carbono y producen soldaduras libres de poros, en los aceros de alto contenido de azufre.
- 2.- Para depositar cordones gruesos en placas de gran espesor, donde las tensiones internas de contracción tienden a causar grietas en la raíz de la soldadura. Las propiedades físicas de estos electrodos son excelentes, permiten un ligero tratamiento de alivio de tensiones.

3.- Para soldar material que luego será esmaltado, especialmente si el cordón no puede ser revenido antes de esmaltar. Las propiedades de estos electrodos de bajo contenido de hidrógeno, permiten que el esmalte se adhiera mejor al metal de la soldadura.

Resistencia a la tracción	= 4 922 a 5 414 Kg/cm ² .
Esfuerzo en el punto cedente	= 4 009 a 4 711 Kg/cm ² .
Esfuerzo al 80% del límite elástico	= 3 206 a 3 769 Kg/cm ² .
Esfuerzo de trabajo	= 1 230 a 1 394 Kg/cm ² .
Elongación en 5.09 cm (2")	= 25 a 32%

Identificación: Revestimiento gris

El electrodo Fleetweld 5P es similar al Fleetweld 5 pero tiene arco más suave y sobre todo más estable. Normalmente produce un cordón plano, la escoria se controla bien, se quita con facilidad, se solidifica rápidamente y el metal "de aporte" acompaña bien al arco. Se recomienda para las aplicaciones que requieren buena presentación y buen acabado, e rrientes de menor intensidad y un arco más estable debe utilizarse para soldar tanques a presión de acuerdo con las especificaciones A-1 y AF-3 sección IX del Código para calderas de la ASME es especialmente recomendado para:

- 1.- Soldar con cordón vertical de primera pasada de arriba hacia abajo
- 2.- Soldar con cordón de primera pasada de abajo hacia arriba*
- 3 - Primera pasada en la mayoría de las aplicaciones, tuberías, tanques a presión con inspección por rayos "x".

Polaridad: Corriente continua, el electrodo al positivo y la pieza al negativo.

Identificación Revestimiento: Rojo-castaño.

ELECTRODO FLEETWELD 35. Clase E-6011. Grado SA-1 y F3. Sección IX del Código para calderas de la ASME. Aprobado por Lloyd's y el American Bureau of Shippings. Es de arco protegido para usarse con soldaduras de corriente alterna o continua. Tiene penetración profunda y propiedades físicas excelente u además buenas características operativas en posición vertical y sobre cabeza. Las soldaduras son completamente homogéneas, el arco se mantiene con una estabilidad excepcional, la escoria se controla bien y se quita con facilidad. Este electrodo es especialmente apropiado para:

1. - Soldadura vertical sobre cabeza en máquinas, estructuras, tuberías y recipientes a presión interna
- 2.- Soldar a alta velocidad en posición plana y en juntas a tope y solapa en posición sobre-cabeza y para juntas de ángulo exterior y de canto con corriente alterna.
- 3.- Soldaduras verticales de arriba para abajo en láminas livianas, donde se exigen E-6 011 o E-6 011.

IDENTIFICACION:

Resistencia última a tensión = 710 a 783 Kg/cm².

PROPIEDADES:

Resistencia última a tensión	= 4 710 a 5 480 Kg/cm ² .
Esfuerzo en el punto cedente	= 3 860 a 4 420 Kg/cm ² .
Esfuerzo al 80% del límite elástico	= 3 088 a 3 536 Kg/cm ² .
Elongación en 5.08 cm (2")	= 28% al 36%
Polaridad: Corriente alterna o polo positivo en corriente co-ntinua.	

IDENTIFICACION: Revestimiento blanco. Código: (S) azul

Ferroweld es un electrodo con revestimiento que lo vuelve apropiado para soldar fundición de hierro, cuando no sea necesario maquinarse. Es de arco protegido, con alma de acero dulce y se utiliza para toda clase de reparación de piezas fundidas que no necesiten maquinado.

Este electrodo puede aplicarse especialmente en:

- 1.- Piezas de fundición de hierro defectuosas.
- 2.- Corrección errores de maquinado.
- 3.- Relleno de taladros.
- 4.- Bloque de cilindro y culatas.
- 5 - Defecto en la pared de los cilindros.
- 6.-Piezas de fundición de alto contenido de níquel.
- 7.- Asientos de válvulas.
- 8.- Lumbre de escape de motores.
- 9.- Engranajes.

La selección del electrodo para soldar fundición de hierro es una cuestión de economía. Tanto los electrodos de acero o de níquel dan excelente resultado y ambos son de uso fácil.

La soldadura tiene una resistencia a la tensión mayor que la del hierro fundido, Ferroweld puede ser usado con amperajes muy bajos, reduciendo al mínimo la posibilidad de que agriete, la soldadura o metal base y al mismo tiempo se reduce el endurecimiento de la zona de fusión a lo largo del cordón de soldadura.

Las soldaduras Ferroweld son más trabajables que la mayoría de los electrodos para hierro fundido.

Polaridad: El electrodo conéctese al positivo y la pieza al negativo (polaridad inversa).

IDENTIFICACION:- Revestimiento canela claro. - Código: (E) Anaranjado.

Softweld es un electrodo de arco protegido para depositar una aleación no ferrosa, blanda y trabajable sobre el hierro fundido, con un mínimo de penetración y calentamiento del metal base. una sola capa puede ser trabajable, se recomienda aplicar por lo menos dos capas para obtener una zona de fusión blanda. En esta forma toda la zona puede ser maquinada, taladrada, machuelada cortada con sierra.

Con este electrodo se reparan todos los tipos de fundición de hierro - que sea necesario maquinar después de soldarse.

El softweld es un electrodo de níquel, excepcionalmente dúctil: se enfría considerablemente al enfriarse aliviando las tensiones y reduce la tendencia del cordón a agrietarse también reduce la posibilidad de desprenderse del metal base. Se recomienda para los siguientes trabajos:

- 1.- Reparación de piezas de fundidas defectuosas
- 2.- Relleno de sopladuras
- 3 - Corrección de defectos en la pared de los cilindros en máquinas de émbolo.
- 4.- Piezas de fierro fundido con alto porcentaje de níquel
- 5 - Anillos de desgaste de impulsores.
- 6.- Engranajes, catarinas y matrices de fundición
- 7.- Monoblocks, tapas de cilindros y asientos de válvulas.

Polaridad: El electrodo debe conectarse al negativo y la pieza al positivo. También puede usarse corriente alterna.

IDENTIFICACION: Revestimiento negro. Código (E) anaranjado (S) azul, y (G) blanco.

"Shield-Arc 85P" - Clase E-7010, de la AWS. Grado A-2, es un electrodo de arco protegido para soldar en todas las posiciones, aceros de alta resistencia a la tracción tales como tuberías de acero al carbono - molibdeno (0.5% de molibdeno) x-42, x-46 y x-52, los aceros estructurales el silicio en general todos, los aceros de aleación baja y los de bajo contenido de carbono. Ha sido fabricado especialmente para efectuar pasadas de revestimiento, libras de poros, en las tuberías de acero de bajo carbón y alta resistencia (empleadas en la construcción de gas o ductos.) Se recomienda para las primeras pasadas y las siguientes en la soldadura de tubos. Corresponde a las Especificaciones A-2 y F-3. Sección IX del Código para calderas de la ASME.

Resistencia última a tracción	= 4920 a 5270 KG/cm
Esfuerzo en el punto cedente	= 4000 a 4360 "
Esfuerzo al 80% del límite elástico.	= 3200 a 1320 "
Esfuerzo de trabajo	= 1230 a 1320 "
Resistencia al impacto	= 9.4 Kg.
Elongación en 5.08 cm (2")	= 25 a 33%
Composición química	
Carbon	= 0.10%
Molibdeno	= 0.40 a 0.45%
Manganeso	= 0.45 a 0.90%
Silice	= 0.90%
Azufre	= 0.04%

Polaredad: Con corriente continua, el electrodo debe conectarse al positivo y la pieza al negativo.

IDENTIFICACION: Revestimiento rosado.

ELECTRODOS DE ACERO INOXIDABLE -

Stainweld A-5 E-308-15 es un electrodo de arco protegido con recubrimiento de cal, para soldar aceros inoxidable 18/8 y 19/9 de la variedad cromo - níquel en todas las posiciones. Por sus características de solidificación rápida es mayor el el STAINWELD 308-16 para soldar fuera de posición. Se recomienda para soldar aceros inoxidable 301, 302, 304 y 308 de AISI.

Produce soldaduras densas con una resistencia a la corrosión igual o mayor que la del metal base

El cordón de soldadura puede esmerilarse perfectamente.

Resistencia última a la tracción	= 6680 Kg/cm ²
Esfuerzo en el punto cedente	= 5340 Kg/cm ²
Esfuerzo al 80% del límite elástico	= 4275 Kg/cm ²
Esfuerzo de trabajo	= 1670 Kg/cm ²
Elongación en 5.08 cm (2")	= 42%

ANALISIS QUIMICO:

Carbono	= 0.06%
Cromo	= 19.7%
Níquel	= 9.5%

El electrodo Stainweld A-5 E-308-15 se recomienda para los siguientes trabajos:

- 1.- Maquinaria para la industria lechera
- 2.- Tubería y tanques de acero inoxidable (18/8)
- 3.- Accesorios para válvulas de vapor
- 4.- Equipos para la industria de productos alimenticios
- 5.- Revestimientos de tanques para acidos
- 6.- Equipos para la industria química
- 7.- Vagones de acero
- 8.- Reparación de piezas de acero al manganeso de alta resistencia
- 9.- Unión de acero de alto carbono con acero dulce
- 10.- Base para revestimientos duros.
- 11.- Unión de aceros para matrices
- 12.- Mostradores para bares y restaurantes
- 13.- Vagones de acero inoxidable.
- 14.- Estantes para frigoríficos.

PRECAUCION: El electrodo al positivo y la pieza al negativo. Cuando se soldan láminas delgadas con amperaje bajo (menos de 30 Amperes) contáctese el electrodo al negativo. Ségase el mismo procedimiento para el acero dulce.

IDENTIFICACION:- Revestimiento verde claro.- Código (E) amarillo, (G) negro.

El electrodo Stainweld A-5 Ch de arco protegido con recubrimiento de cal para soldar aceros inoxidable 18/8 y 19/9 de la Variedad Cromo-Niquel, en todas las posiciones. El Stainweld A-5Ch es estabilizado con Niobio - (Columbio). Se recomienda que se use para soldar los aceros inoxidables tipo 301, 302, 304 y 308 de la AISI, también para soldar piezas de acero al manganeso donde sea indispensable una gran resistencia a la tracción.

Los aceros inoxidables estabilizados tipo 321 y 347 de la AISI - y los aceros inoxidables con muy bajo carbono (ELC), deben soldarse con A-5 Ch solamente.

Resistencia última a tracción	= 5680 Kg/cm ² .
Esfuerzo en el punto cedente	= 5344 " "
Esfuerzo al 80% del límite elástico	= 4275 " "
Esfuerzo de trabajo	= 1670 " "

COMPOSICION QUIMICA:

Carbono	= 0.065 %
Cromo	= 19.7 %
Niquel	= 9.5 %
Niobio o columbio	= 0.80 %

POLARIDAD: El electrodo debe conectarse al positivo y la pieza al negativo. Cuando se suelden láminas delgadas con amperaje bajo (menos de 30 Amperes), conectada el electrodo al negativo.

Se recomienda para los mismos trabajos indicados en A-5F - 308-15.

AERISVELO es un electrodo Clase E - Cu Sn-C de arco protegido para soldar Bronce, produce depositos densos, de alta resistencia con características del bronce fosforado. Se ajusta a las Especificaciones de la clase E-CU - Sn y C, de la A.S.S.

Este electrodo se utiliza en trabajos de reparación, reconstrucción y el relleno de piezas de bronce colado y también en:

- 1.- Contactos electricos.
- 2.- Hierro fundido.
- 3.- Conles para manguera
- 4.- Bronce artistico
- 5.- Equinos para cocina
- 6.- Reparación de válvulas de bronce.
- 7.- Barras colectoras para subestaciones eléctricas.
- 8 - Hélices de bronce
- 9 - Impulsores.

- 10.- Cojinetes
- 11.- Hierro galvanizado
- 12.- Contactos eléctricos para rieles.
- 13.- Hierro maleable.
- 14.- Conexiones a tierra.
- 15.- Serpentes de cobre.
- 16.- Cuerpos de bomba para chústicos.

POLARIDAD: El electrodo debe conectarse al positivo y la pieza al negativo. Cuando se suelden metales ferrosos a láminas delgadas de cobre o bronce, no es necesario calentar previamente el metal, como se hace en las piezas pesadas.

IDENTIFICACION: Revestimiento color durazno, Código: (E) amarillo (S) - azul (G) azul.

FABRICACION Y REPARACION DE PIEZAS SOLDADAS.-

Todas las uniones de las diferentes piezas deben estar limpias, libres de escamas, de óxidos, pintura u otras sustancias extrañas. Todos los cordones de soldadura deben hacerse por medio del arco eléctrico, debiendo emplearse electrodos recubiertos para producir el arco en atmósfera inerte. Siempre que la soldadura lo permita, deben emplearse máquinas automáticas. Las dimensiones de los cordones serán de las medidas especificadas en los dibujos aprobados por el Depto. de Ingeniería Electromecánica, cuyas indicaciones estarán de acuerdo con la interpretación de símbolos convencionales para soldadura de la Sociedad Americana Soldadora, A. S. S. o con las Normas Alemanas DIN.

Todas las soldaduras deben tener una penetración completa y ninguna clase de imperfecciones. La primera capa de soldadura debe limpiarse, golpeándola con martillo de soldador y después de limpiarse con cepillo de alambre, hasta dejar libre el metal sano, antes de depositar la segunda capa. El acabado de las partes soldadas a tope con chaflán o en ángulo en posición plana, deberán estar exentas de ranuras, cráteres, grietas, depresiones, soldaduras y otras irregularidades. Los tramos defectuosos en la soldadura deben limpiarse con cincel o herramienta especial, hasta encontrar metal sano y las cavidades resultantes deben llenarse en forma satisfactoria.

Para cada trabajo debe elegirse el correspondiente electrodo, según Especificaciones indicadas en las hojas Nos: 1 a la No. 3.

POSICION DE LA JUNTA.-

Se prefiere poner las juntas de tal modo que puedan ser soldadas en posición plana o en el objeto de tener mayor facilidad de operación y rapidéz, en la soldadura. Con excepción de las placas que presentan mayor facilidad para soldarse hacia abajo, con una inclinación de 45° a 90°.

LONGITUD DEL ARCO.-

Para efectuar soldaduras de una sola capa, es conveniente usar arco muy corto. Si se arrastra ligeramente el electrodo sobre la placa se facilitará grandemente la operación y obtendrá mayor penetración con la menor socavación.

No se permite que el extremo del electrodo quede sumergido en el metal en fusión. Soldar con rapidez con el objeto de que el electrodo esté adelantado con respecto al metal en fusión. En casos de soldadoras con más capas, úsese un arco más largo.

CRÁTERES.-

Para reducir los cráteres al mínimo, al final del cordón retírese lentamente el electrodo hasta cortar el arco. Para corrección de este defecto, iníciase el arco un poco adelante del cráter, deténgase un poco y vuélvase hacia atrás para fundir completamente el cráter.

SOCAVACION.-

Las socavaciones pueden ser causadas por un arco demasiado largo, por un ángulo incorrecto del electrodo por una corriente demasiado intensa o por un avance demasiado rápido del arco. Se recomienda vigilar el cráter de cerca y rellenar con metal en fusión cualquier socavación.

VELOCIDAD DE AVANCE.-

Cuando los cordones sean de una sola capa o pasada, donde se requiera mayor penetración, la velocidad de avance debe ser lo suficientemente rápida para que el extremo del electrodo, se mantenga delante del metal en fusión.

ÁNGULO DEL ELECTRODO.-

Si el ángulo que forma el electrodo con la horizontal es demasiado pequeño se forma una arista pronunciada en el centro del cordón o bien una socavación. Si el ángulo es demasiado abierto, se deposita mucho material en la placa horizontal.

POLARIDAD:

Algunos electrodos de arco protegido han sido diseñados para operar con polaridad directa (electrodo conectado al negativo y la pieza al positivo) otros rinden mejor con polaridad invertida (electrodo conectado al positivo y el negativo a la pieza). Úsese la polaridad recomendada por el fabricante.

SOPLO MAGNÉTICO.-

El soplo magnético puede ser reducido usando cualquiera de los métodos siguientes:

- 1.- Utilícese la soldadura por puntas, haciéndolos gruesos y luego súldese entre los puntos y cordones cortos ya hechos.
- 2.- Cuando se trata de cordones largos utilícese el método de soldadura por retroceso.
- 3.- Colóquese la grapa de conexión a tierra, lo más alejada posible de la junta a soldar.
- 4.- Cuando se trate de piezas nequeñas, colóquese la grapa de conexión a tierra en el extremo en donde se ha iniciado el cordón y súldese alejándose de la toma de tierra.
- 5.- Manténgense el arco corto, de tal manera que el electrodo toque la placa, dirigiendo el extremo del electrodo en dirección opuesta a la del solenoide magnético.
- 6.- Súldese una pequeña tira de metal a través de la junta en el extremo final del cordón.
- 7.- Úsese corriente alterna.

PLACAS DE DIFERENTES ESPESORES:-

Cuando se sueldan placas de diferentes espesores, dirijase el arco de tal manera que ambas placas tengan la misma temperatura. El arco debe dirigirse hacia la placa más gruesa, porque disipa más rápidamente el calor.

PERFILES LARGOS.-

Soldar por ambos lados, a la vez soldar alternadamente.



- 10 - Soldadura horizontal y posición plana, tamaño máximo $\frac{1}{2}$ " (6 35 mm) Clase E-7018
- 20.- Soldadura vertical y sobre-cabeza diámetro máximo $\frac{3}{16}$ " (4.76 mm).
- 30.- Para primeros cordones en los biseles, tamaño máximo $\frac{3}{16}$ " (4.76 mm) Clase E-7018.
- 40.- Ranuras verticales y sobre-cabeza, tamaño máximo $\frac{5}{32}$ " (3.97 mm) - Clase E-7018
- 50 - Para soldar ranuras en posición plana y para base en los biseles - tamaño máximo $\frac{1}{4}$ " (6 35 mm) - Clase E-7018

DIAMETROS DE LOS ELECTRODOS PARA ACERO ESTRUCTURAL A 36.

Los siguientes tamaños máximos y clases de electrodos deben usarse para el material, posición e indicaciones que se describen.

- 1.- Cordon de soldadura horizontal y posición plana, tamaño máximo - $\frac{1}{4}$ " (6 35 mm) - Clase E - 6024, E-6027, E-6018.
- 2.- Cordon de soldadura vertical y sobre-cabeza, tamaño máximo $\frac{3}{16}$ " (4.76 mm) - Clase E-6010, E-6011 y E-6018.
- 3.- Cordones de base para todos los empalmes, tamaño máximo $\frac{3}{16}$ " (4.76 mm) Clase E-6010, E-6011 y E-6018.
- 4.- Ranuras verticales y sobre-cabeza, tamaño máximo $\frac{5}{32}$ " (3.97 mm) - Clase E-6010, E-6011 y E-6018.
- 5.- Ranuras en posición plana y para base en los biseles, tamaño máximo $\frac{1}{4}$ " (6 35 mm) - Clase E-6010, E-6011, E-6018, E-6024 y E-6027.

El espesor máximo de los cordones subsiguientes a las de base y los que cubran la ranura serán como sigue:

- a) - $\frac{1}{4}$ " (6 35 mm) para los cordones en la base de la ranura.
- b).- $\frac{1}{8}$ " (3.18 mm) para cordones subsiguientes y los cordones que hagan en posición plana.
- c) - $\frac{3}{16}$ " (4.76 mm) para cordones subsiguientes a los que se hagan en posiciones vertical, horizontal o sobre-cabeza.

El mínimo espesor del cordón de base será del tamaño que evite la ruptura.

- d).- El tamaño máximo del cordón de soldadura que puede hacerse inicialmente será de $\frac{1}{4}$ " (6 35 mm.) excepto cuando se trate de soldar verticalmente y hacia arriba, el tamaño máximo puede ser $\frac{1}{2}$ " (12.7 mm).
- e).- Para soldar en todas posiciones verticales y hacia arriba.

NASHVILLE BRIDGE COMPANYSOLDADURA.-

Todos los cordones se harán por medio de soldadura eléctrica de acuerdo con las Especificaciones de la Sociedad Americana de Soldadura, D2.0-66 para "Puentes para carreteras y ferrocarriles", aprobadas por Nashville - - Bridge Company "Welding Procedures for Project."

Toda la soldadura de acero estructural será mejorada usando electrodos de la serie E60 o E70, excepto que solamente los electrodos de bajo hidrogeno de las series E70 se usen para soldar aceros de alta resistencia.

Soldadura de aceros de alta resistencia a la corrosión será mejorada usando electrodos de acero inoxidable de la clasificación E 308 o E309.

Después de terminar el cordón de soldadura, toda la escoria debe quitarse de la superficie del metal de apeate.

INSPECCION RADIOGRAFICA O ULTRASONICA.-

Las soldaduras indicadas en los dibujos como "Prueba ultrasónica, se rá sujeta a "inspección ultrasónica". El 10% de todas las soldaduras pueden estar sujetas a inspección radiográfica o ultrasónica según el criterio del inspector.

CALIFICACION DE SOLDADORES.-

Todos los soldadores deben calificarse de acuerdo con el Código -- ASME y debe tener un mínimo de seis meses de experiencia equivalente o similar.

PROTECCION DE SUPERFICIES MAQUINADAS.-

Todas las superficies maquinadas y terminadas se limpiarán de tal manera que se puedan aplicar los anticorrosivos. Los pasadores y tornillos -- sueltos deben aceitarse y protegerse con papel resistente.

Las superficies terminadas que sirvan de apoyo o estén en contacto -- con los tornillos, se protegerán con, aceite a pintura blanca a base de -- p'omo o con una solución de sales de cromo en gasolina.

El diámetro de los electrodos depende del espesor del material por soldar, de la posición y de la preparación de la pieza. La siguiente información -- puede considerarse en general como normas de soldadura.

Los tamaños máximos y clases de electrodos, se usarán para soldar -- acero de baja aleación, según descripción siguiente:

Áreas que demuestren porosidad tampoco deben aceptarse.

Su aceptación se determina por la magnitud y distribución de la imperfección, en el caso de escoria o por comparación con un juego de radiografías Standard de la ASME, en el caso de porosidad. Los defectos por escoria o cavidades, se aceptan si las longitudes de dichas imperfecciones son menores que una tercera parte del espesor de la soldadura y son separadas por un cordón de soldadura aceptable, cuya longitud no sea menor que seis veces la longitud de la imperfección, o bien, si la suma de las longitudes de dichas imperfecciones no excede de doce veces el espesor de la soldadura.

Si se necesita reparar en gran número de cordones de soldadura, el inspector está en su derecho de insistir en que se haga el trabajo nuevamente.

SOLDADURA.-

INSPECCION CON RAYOS "X" O ULTRASONICA.-

Todos los cordones de soldadura deben radiografiarse o someterse a inspección ultrasónica, esto quedará a juicio del Inspector.

Después de tomar las películas que corresponden a los cordones de soldadura, es necesario clasificarlas para su identificación fácil. Las marcas que se hagan en estas películas deben corresponder al diagrama que se indique en el reporte de inspección. Las películas que se tomen en cordones de reparación también deben identificarse por medio de marcas. Los dos grupos de películas pueden exhibirse si es necesario, durante el proceso de fabricación o al terminar los trabajos. Los inspectores deberán guardar estas radiografías. Todos los informes de los inspectores deben hacer mención a:

- 1.- Radiografías que muestren las soldaduras aceptables.
- 2.- Radiografías que muestren las soldaduras defectuosas que necesitan repararse.

f).- Antes de depositar los cordones subsecuentes es necesario quitar la escoria con martillo de soldador y cepillo de alambre. Este requisito es indispensable para seguir aplicando los cordones subsecuentes, rebordes y área del cráter es efectuado después de -- cualquier interrupción.

Los electrodos apropiados, el mínimo de precalentamiento y buenas condiciones de temperatura son los requisitos para obtener una -- buena soldadura que estará de acuerdo con las Especificaciones -- A.S.S. Sección 7 o 5.

6.- Todos las soldaduras extremas, excepto cuando se hacen con material base, tendrán la ranura de soldadura inicial, esmerilada o preparada para soldar. Conviene eliminar todas las fisuras, porosidad y la escoria, antes de empezar a soldar.

Los empalmes planos soldados con el mismo material base deben presentar uniformidad completa.

7 - Los empalmes se prolongarán más allá de los extremos por unir mediante barras de extensión, con el objeto de proporcionar una unión adecuada, no menor que el grueso del material, ni menor que $\frac{1}{2}$ " (12.7) mm.

Las soleras extremas o barras de extensión, pueden ser $\frac{5}{16}$ " (7.94 mm) de grueso y 2" (50.8 mm) de ancho.

Cada cordón de soldadura se terminará hasta una distancia menor de $\frac{3}{8}$ " (9.5 mm), más allá de las orillas del metal base.

Las barras de extensión se quitarán después de completar y enfriar la parte soldada, quitando asperezas y alisando los extremos.

Todos los procedimientos y técnica de soldadura cumplen con las Especificaciones para puentes en carreteras y Ferrocarriles, Edición 1963, Sección 7 y 5.

Radiografías que muestren que las soldaduras defectuosas si se corrigieron.

Si dos o mas reparaciones se necesitan para una determinada longitud tómese la radiografía a cada reparación.

Todas las radiografías deberían preservarse. Una copia debe tomar parte de la terminación del proyecto, otra copia debe anexarse al reporte final del Inspector, otra tercera copia debe quedar en poder el Contratista. Al Inspector corresponde ponerles fecha y su firma.

Estas radiografías requieren un cuidadoso registro de identidad de todos los defectos, principalmente si todos no son aceptados. Esta es la responsabilidad del Inspector, para juzgar si son aceptadas las radiografías que corresponden a la reparación. Ciertos defectos como fracturas, fusión incompleta y cortes bajos, no se aceptan.

RESUMIMOS EN LA TABLA II-1 LAS VENTAJAS E INCONVENIENTES DE CADA UNO DE LOS METODOS QUE ACABAMOS DE DESCRIBIR RAPIDAMENTE.

Metodos	Espesor mm	Ventajas	Inconvenientes
Clásica a izquierdas	1 a 6	Facilidad de ejecución. Fácil penetración. Cordón de buen aspecto.	Precio de costo elevado. Sacudimiento del metal fundido que disminuye la calidad de la unión.
A izquierdas semi-ascendente	1 a 10	Facilidad de ejecución. Evita el sacudimiento del metal, excelentes cualidades mecánicas.	Limitado a 10 mm. Disminución del buen aspecto al aumentar el espesor.
Semi-ascendente en dos pasadas	> 10	Penetración regular. Obtención de un espesor normal y buen aspecto de las soldaduras con calidad mecánica.	No conviene más que para grandes espesores. Poco económico.
A derechas o hacia atrás	6 a 15	Gran velocidad. Cordón más estrecho. Debil recalentamiento. Gran flexibilidad de ejecución. Menos metal de aportación. Buenas propiedades mecánicas.	No es aplicable más que a partir de los 6 mm de espesor.
Angulo interior		Unión de dos chapas formando diédrico.	Falta de penetración. Poco económico.
Angulo exterior		No se necesita preparación de bordes. Gran velocidad de ejecución. Buena penetración y cordón liso.	Piezas que no deban soportar esfuerzos de tensión.
Ascendente A	2 a 10	Doble cordón en el anverso y reverso. Buen aspecto. Gran seguridad. Soldadura de elevadas cualidades mecánicas. Construcción accesible sobre una sola cara.	Espesor limitado.
Ascendente B	6 a 12	Dos operarios en movimientos sincronizados. Buen aspecto. Soldadura de calidad y económica.	Accesibilidad por las dos caras. Entorpecimiento de las operaciones.
Ascendente C	11 a 30	Dos operarios. Soldadura de seguridad. Calidad y economía. Flexibilidad de ejecución.	Accesibilidad por una sola cara. Preparación cuidadosa de los bordes de la chapa. Entorpecimiento de las operaciones.
En cornisa		Entrenca débil del soplete.	Dificultad de realización. Soldadura de aspecto mediocre. Bajas propiedades mecánicas.
En techo		Soldadura en posición en el taller.	Dificultad de realización. Calidad y aspecto mejores que la soldadura en posición. Poco económica.



C A P I T U L O I I I

SOLDADURA POR ARCO:

LA SOLDADURA POR ARCO ES UN METODO DE UNIR DOS PIEZAS DE METAL PARA FORMAR UNA SOLA PIEZA SOLIDA. PARA ESTE OBJETO, SE CONCENTRA EL CALOR DE UN ARCO ELECTRICO EN LOS BORDES DE LAS DOS PIEZAS A UNIR, Y MIENTRAS ESTAN FUNDIDAS SE ENFRIA Y SOLIDIFICA FORMANDO UNA SOLA PIEZA SOLIDA.

LA FISICA MODERNA ENSEÑA QUE EL ARCO ES LA MANIFESTACION DE UNA EMISION DE ELECTRONES QUE PROVIENEN DE UN CATODO INCANDESCENTE BOMBARDEANDO EL ANODO A GRAN VELOCIDAD. ESTE BOMBARDEO PROVOCA LA IONIZACION POR CHOQUE DE LAS MOLECULAS NEUTRAS, ORIGINANDO UNA GRAN ELEVACION DE TEMPERATURA.

CIRCUITO DE SOLDADURA:

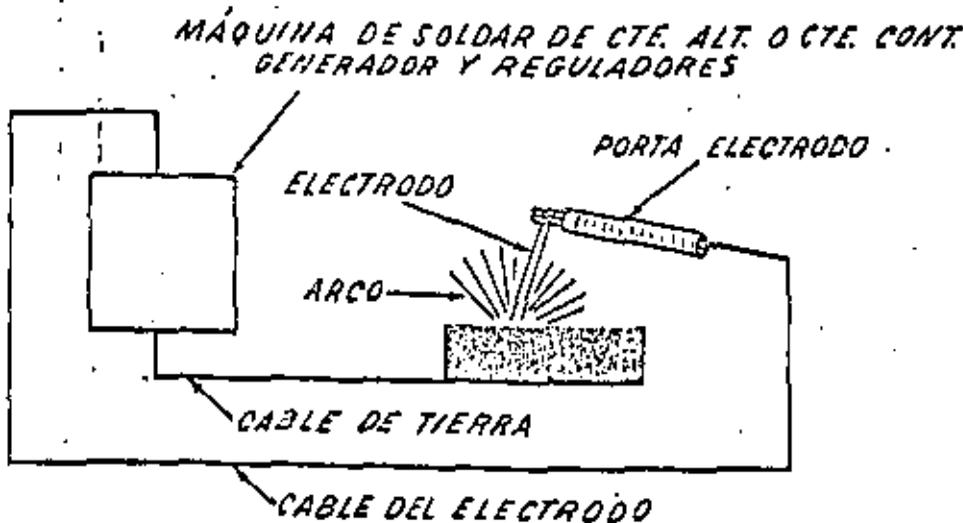


FIG. 1.- EL CIRCUITO DE SOLDADURA.

EL ARCO ELECTRICO SE ENCIENDE ENTRE EL EXTREMO DE UN ALAMBRE METAL

DEBIDO DELGADO, EL ELECTRODO SUJETO A UN PORTA-ELECTRODO QUE SE MANTIENE CON LA MANO. SE CREA UN INTERVALO EN EL CIRCUITO DE LA CORRIENTE ELECTRICITA (FIG. 1), MANTENIENDO LA PUNTA DEL ELECTRODO A UNA DISTANCIA DE 15 A 3 MM. DE LOS OBJETOS QUE SUELDAN. LA CORRIENTE ELECTRICITA SALTA, FORMANDO UN ARCO, EL QUE SE MANTIENE Y MUEVE A LO LARGO DE LA JUNTA A SOLDAR, DERRITIENDO EL METAL A MEDIDA QUE SE AVANZA.

PLUJO DEL ARCO:

EL ARCO ELECTRICO CREADO POR LA CORRIENTE QUE SALTA EL INTERVALO DE AIRE ENTRE LA PUNTA DEL ELECTRODO Y EL TRABAJO. LA TEMPERATURA DE ESTE ARCO ES DE UNOS 3300°C (3570°K), QUE REPRESENTA LA TEMPERATURA DE EBULLICION DEL CARBONO A LA PRESION ATMOSFERICA, MAS QUE SUFICIENTE PARA DERRITIR EL METAL; EL ARCO ES MUY BRILLANTE Y NO DEBE MIRARSE SIN PROTECCION A LOS OJOS, PUES CAUSA UN DOLOR INTENSO, AUNQUE TEMPORAL A LA VISTA. (FIG. 2).

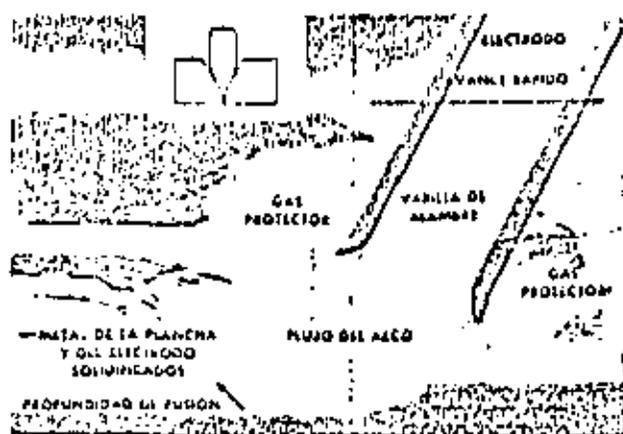


FIG. 2.- EL ARCO ELECTRICO.

EL ARCO FUNDE LA PLANCHA O METAL BASE Y LA EXCAVA TAL COMO UN CHORRO DE AGUA DE UNA MANGUERA EXCAVA LA TIERRA DEL JARDIN. EL METAL

DERRETIDO FORMA UNA LAGUNA O CRATER Y TIENDE A FLUIR ALEJÁNDOSE DEL ARCO. A MEDIDA QUE SE ALEJA DEL ARCO SE ENFRIA Y SOLIDIFICA FORMÁNDOSE SOBRE LA SUPERFICIE UNA ESCORIA QUE PROTEGE A LA SOLDADURA DE LA ATMOSFERA MIENTRAS SE ENFRIA.

ELECTRODOS METÁLICOS:

PUEDE LLAMARSE EL ELECTRODO DE HERRAMIENTA MAS IMPORTANTE DEL SOLDADOR. ES POR MEDIO DEL ELECTRODO QUE EL SOLDADOR PUEDE MANEJAR, CONCENTRAR Y VARIAR LAS CARACTERÍSTICAS Y EL CALOR INTENSO DEL ARCO ELÉCTRICO AL UTILIZARLO PARA SOLDAR.

EL ELECTRODO USADO GENERALMENTE PARA LA SOLDADURA MANUAL TIENE UN NUCLEO DE ALAMBRE O VARILLA CILÍNDRICA, RECUBIERTA DE UNA CAPA DE MATERIAL QUÍMICO HORNEADO. ES EL SUECO KJELLBERG, INVENTOR DEL ELECTRODO REVESTIDO, A QUIEN LA INDUSTRIA DE LA SOLDADURA DEBE SU ÉXITO PRODIGIOSO. EL NUCLEO PROVEE EL METAL DE APORTACION PARA LA JUNTA QUE SUELDA; Y EL REVESTIMIENTO QUÍMICO ACTUA DE ESCUDO PROTECTOR DEL CORDON A MEDIDA QUE SE DEPOSITA. SE FABRICAN DE UNA GRAN VARIEDAD DE NUCLEOS.

EL REVESTIMIENTO DEL ELECTRODO TIENE VARIAS FUNCIONES Y LOS COMPUESTOS QUÍMICOS QUE SE USAN EN SU FABRICACION SON VARIADOS, DEPENDIENDO DEL TIPO DE SOLDADURA QUE SE DESEA OBTENER. ALGUNOS DE LOS PRODUCTOS QUÍMICOS USADOS CORRIENTEMENTE SON: LA CELULOSA (PULPA DE ALGODON O DE MADERA), QUE SIRVE DE PROTECCION GASEOSA; EL DIOXIDO DE TITANIO O RUTILO, PARA LA FORMACION DE LA ESCORIA; EL FERROMAGNESO QUE ACTUA DE AGENTE O DESOXIDANTE; EL ASBESTO PARA DAR FUERZA AL ARCO Y PRODUCIR ESCORIA; Y SILICATO DE SODIO PARA LIGAR A LOS VARIOS PRODUCTOS QUÍMICOS Y ACTUAR COMO MORDIENTE.

SU APLICACION ES UNIFORME POR PRESION SOBRE LA SUPERFICIE DEL ALAMBRE EN FORMA SIMILAR A LA DE LA EXPULSION DE LA PASTA DENTÍFICA DEL TUBO QUE LA CONTIENE. EL REVESTIMIENTO DETERMINA EN GRAN PARTE LAS CARACTERÍSTICAS DE OPERACION DEL ELECTRODO. ES EL AGREGADO -

DE LOS METALES DE ALIACION AL REVESTIMIENTO LO QUE DIFERENCIA LAS PROPIEDADES DEL METAL DEPOSITADO.

ENCENDIDO DEL ARCO:

LA BASE FUNDAMENTAL DE LA SOLDADURA POR ARCO ES EL MANTENER LA CONTINUIDAD DEL ARCO ELECTRICO. SE MANTIENE ESTE ARCO CUANDO SE OBLIGA A LA CORRIENTE A SALTAR EL ESPACIO DE AIRE ENTRE LA PUNTA DEL ELECTRODO Y EL METAL BASE. EL OPERARIO DEBE SABER ENCENDER EL ARCO Y MANTENERLO DE LA LONGITUD CORRECTA; CON FACILIDAD Y RAPIDEZ. HAY DOS METODOS PARA ENCENDER EL ARCO; ROZANDO O GOLPEANDO LIGERAMENTE EL ELECTRODO.

ENCENDER EL ARCO ROZANDO ES EL MAS FACIL DE LOS DOS METODOS PARA EL PRINCIPIANTE, CUANDO SE USA UNA MAQUINA DE SOLDAR DE CORRIENTE ALTERNIA SE MUEVE EL ELECTRODO SOBRE LA PIEZA QUE SE VA A SOLDAR, INCLINANDO LIGERAMENTE COMO SI FUERA UN FOSFORO, AL TOCAR LA PIEZA QUE SE VA A SOLDAR EL ELECTRODO, SE ENCIENDE EL ARCO. CUANDO ESTE SE HA ENCENDIDO SE RETIRA UN POCO EL ELECTRODO FORMANDO UN ARCO MUY LARGO (FIG. 1), LUEGO SE ESTABLECE EL ARCO DE LA LONGITUD NORMAL.

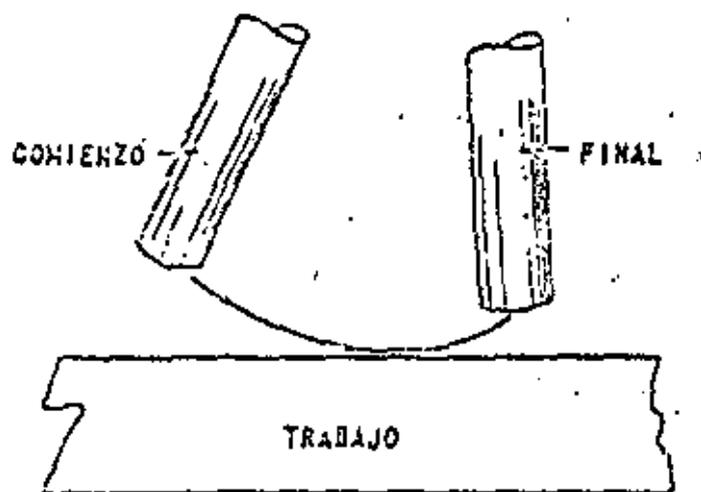


FIG. 1 ENCENDIDO DEL ARCO ROZANDO EL ELECTRODO.

EL SEGUNDO METODO CONSISTE EN MOVER EL ELECTRODO HACIA EL COSTADO PA
 SE SOSTENIENDO EN POSICION VERTICAL. TAN PRONTO COMO TOQUE AL
 METAL SE MUEVE MOMENTANEAMENTE, HASTA FORMAR UN ARCO LARGO (FIG.-
 2) Y LUEGO SE VUELVE A LA LONGITUD DE ARCO NORMAL.

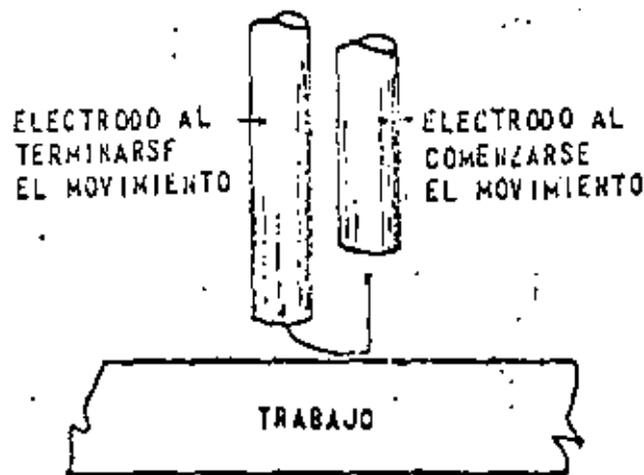
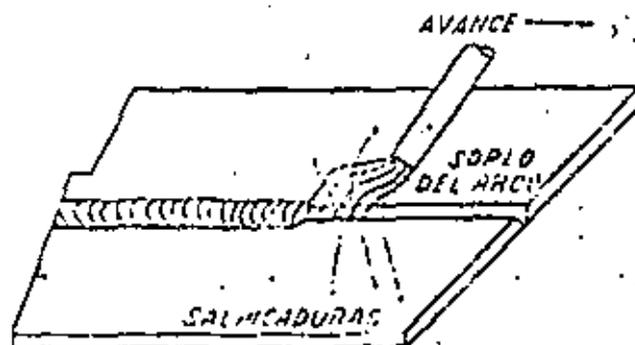


FIG. 2.- SOSTENIDO DEL ARCO POR CONTACTO DEL ELECTRODO.

SOPLO MAGNETICO

EL SOPLO MAGNETICO SE HACE PRESENTE CUANDO EL ARCO NO SE DIRIGE
 HACIA DERECHA, SE ADELANTA O SE ATRASA Y SALPIJANDO MUCHO (FIG. 1)
 Y EN LOS CASOS MAS SEVEROS EL SOPLO MAGNETICO DIFERENCIA LA RAPIDEZ
 DEL BARRA Y DE LA ESCORIA.

EL SOPLO MAGNETICO GENERALMENTE SE PRODUCE AL PRINCIPIO O AL FINAL
 DE LAS JUNTAS, EN LAS JUNTAS RECTIFICADAS Y CHAPALES PROFUNDOS, ES-
 PECIALLY CUANDO SE USA ANTIESTRIBO ALPOM AL SOLDAR PLANCHAS DELG-
 DAS.



EL SOPLO DEL ARCO ES CAUSADO POR LA FUERZA MAGNETICA QUE ACTUA SOBRE EL ARCO, SACANDOLO DE SU CURSO NORMAL. TODO CONDUCTOR QUE LLEVE CORRIENTE ESTA RODEADO DE LINEAS DE FUERZA O FLUJO MAGNETICO. (FIG. 2). ESTAS LINEAS O FUERZAS PREFIEREN SEGUIR POR UN CUERPO METALICO EN VEZ DE POR EL AIRE; NUNCA SE TOCAN Y EJERCEN UNA FUERZA CUANDO SE APROXIMAN UNAS A OTRAS. ESTA FUERZA ES PROPORCIONAL A LA CANTIDAD DE CORRIENTE QUE LLEVA EL CONDUCTOR. SU IMAGEN ES UNA SERIE DE ANILLOS CONCENTRICOS QUE RODEAN AL CONDUCTOR (FIG. 3)

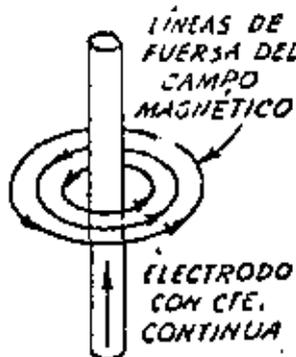


Fig. 2.

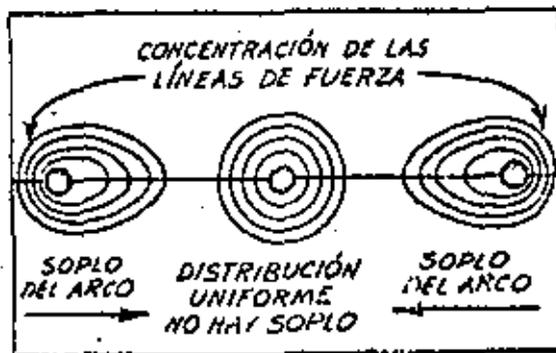


Fig. 1.

LA IMAGEN NORMAL DEL FLUJO ES DISTRIBUIDA EN EL EXTREMO DE LA JUNTA. UNA IMAGEN DIFERENTE, PARECIDA A LA DE LOS EXTREMOS DE LA FIG. 3, RESULTA DE LAS CONCENTRACIONES EN LOS EXTREMOS DE LA JUNTA. EN ESTAS ZONAS DE CONCENTRACION, LAS LINEAS DE FUERZA SE JUNTAN Y EJERCEN UNA FUERZA SOBRE EL ARCO EMPUJANDOLO O SOPLANDOLO.

SE PRODUCE UNA SITUACION SIMILAR CUANDO SE DOBLA EL CONDUCTOR, FIG. 4. LAS LINEAS DE FUERZA SE AGRUPAN Y DESVIAN EL ARCO. A ESTE SE LE LLAMA "EFECTO DE MASA" O "DE TIERRA", PORQUE LA DIRECCION DE SOPLO PUEDE ALTERNARSE, CAMBIANDO DE POSICION A LA TOMA DE LA CORRIENTE.

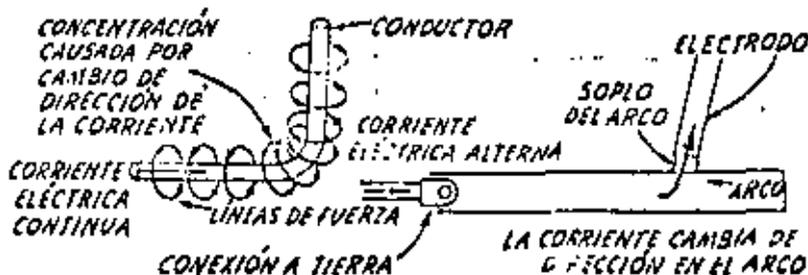


Fig. 4.

AL SODAR, ESTOS DOS FENOMENOS OCURREN SIMULTANEAMENTE, AUNQUE DEBE NOTARSE QUE EL EFECTO DE MASA ES MEJOR NOTABLE QUE LAS CONCENTRACIONES TERMINALES DE LAS LINEAS DE FUERZA Y DISMINUYE AUN MAS SU EFECTO, A MEDIDA QUE AUMENTAN EL TAMAÑO DEL METAL BASE. LA FIG. 5, MUESTRA EL EFECTO DE VARIAS COMBINACIONES DE LOS DOS TIPOS DE SOPLO DEL ARCO.

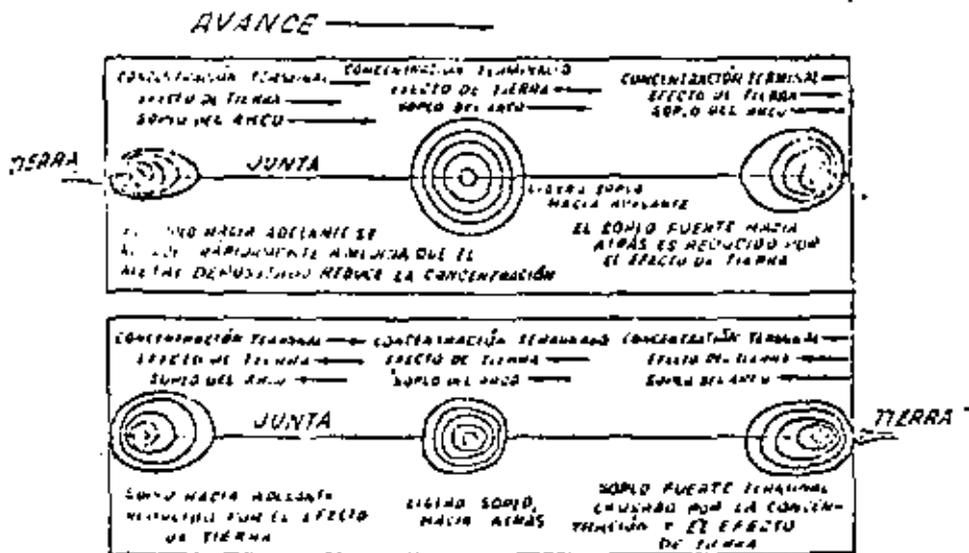


Fig. 5.

LOS METODOS DE SOLDADURA POR ARCO:

COMO PARA LA SOLDADURA OXIACETILÉNICA, EXISTEN NUMEROSOS METODOS, YA SEA SOBRE BORDES ACHAPLANADOS O NO, DEPENDIENDO DE LOS ESPESORES DE LA CHAPA A UNIR.

EN LA SOLDADURA POR ARCO, ESTOS METODOS SE COMPLICAN POR LA NECESIDAD DE RESAR EL MOLDE QUE HA DE CONSTITUIR EL CORLON DE SOLDADURA MEDIANTE NUMEROSAS PASADAS SUPERSTAS. LAS PASADAS PUEDEN SER ANCHAS, ESTRECHAS E INCLUSO EN ALGUNOS CASOS, TRIANGULARES, ES DECIR, QUE LA PUNTA DEL ELECTRODO REALIZA UN MOVIMIENTO QUE PRODUCE ESTA FIGURA GEOMETRICA.

LOS DIVERSOS METODOS APLICADOS EN CONSTRUCCIONES SOLDADAS, PUEDEN DIVIDIRSE EN DOS GRANDES CATEGORIAS: LOS METODOS CLASICOS Y LOS METODOS MODERNOS.

A).- LOS METODOS CLASICO PRACTICADOS EN GRAN ESCALA COMPRENDEMOS PRINCIPALMENTE:

- 1.- LAS SOLDADURAS EN PLANO HORIZONTAL SOBRE CHAPAS ACHAPLANADAS O NO, SEGUN LOS PROCEDIMIENTOS POR PASADAS, ANCHAS O ESTRECHAS.
- 2.- LAS SOLDADURAS VERTICALES, ASCENDENTES O DESCENDENTES.
- 3.- LAS SOLDADURAS HORIZONTALES EN PLANO VERTICAL.
- 4.- LAS SOLDADURAS EN TECHO.
- 5.- LAS SOLDADURAS EN ANGULO Y A SOLERA.

B).- ENTRE LOS METODOS MODERNOS CONSIDERAMOS:

- 1.- METODO EN SOBRE INTENSIDAD.

- 1.- METODO POR "PENETRACION"
- 2.- METODO POR CONTACTO, DESARROLADO RECIENTEMENTE.
- 3.- LOS METODOS DE "GRAN RENDIMIENTO".

PREPARACION DE LOS BORDES:

TANTO PARA LOS METODOS CLASICOS COMO PARA LA MAYOR PARTE DE LOS METODOS MODERNOS; LOS BORDES DE LAS PIZAS A UNIR EXIGEN UNA PREPARACION CUIDADOSA TAL COMO INDICAMOS A CONTINUACION:

EN GENERAL, PARA LA EJECUCION DE LA UNION POR LOS METODOS CLASICOS SOBRE CHAPAS INFERIORES A 4 MM. DE ESPESOR, NO ES NECESARIO EL ACABADO PLANO DE LOS BORDES; POR EL CONTRARIO, A PARTIR DE LOS 5 MM., EL ACABADO REQUERIDA INDISPENSABLE.

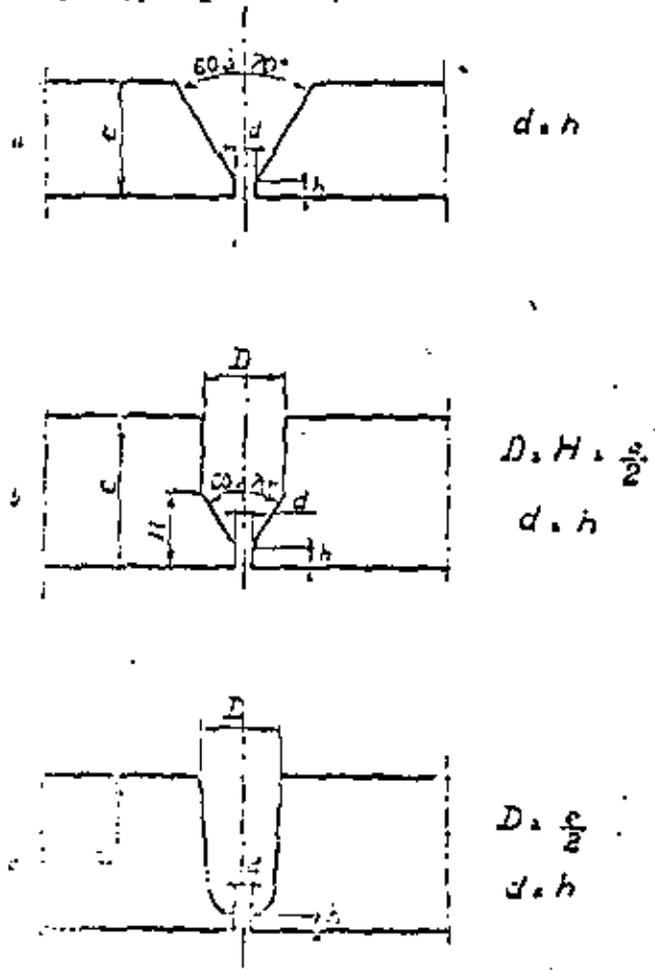


Fig. VII.- M. E. C. Preparacion de bordes a unir en V.

LA PREPARACION DE LOS BORDES A SOLDAR DEPENDE COMO EN LA SOLDADURA OXIACETILENICA, DEL ESPESOR DEL METAL BASE.

LOS CHAPLANES EN V SON UN POCO MAS CERRADOS Y SU ABERTURA ANGULAR, PARA VER SOBREPASA LOS 70° A 75° . ESTE TIPO DE PREPARACION EXIGE ADEMAS DE UNA PARTE RECTA EN LA BASE DEL CHAPLAN (FIG. V-1 a, b, c,) CUYA ALTURA (b) ES IGUAL, EN GENERAL, A DISTANCIA (d) DE SEPARACION ENTRE LAS DOS CHAPAS.

TAMBIEN SE REALIZAN PREPARACIONES DE CHAPLANES BASTANTE MAS COMPLICADOS COMO SON: LAS DE PERFIL CILINDRICO - CONICO (FIG. V-1 b) C - RG U (FIG. V-1 c), DEJANDO SIEMPRE EN LA BASE UNA PARTE RECTA DE ALTURA (b).

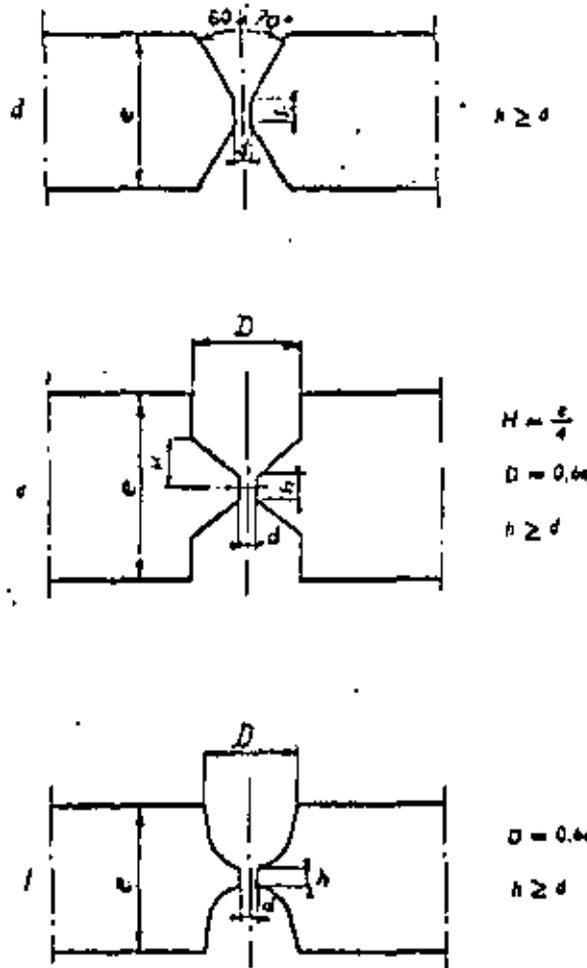


FIG. V-1. a, b, c. Diversos tipos de preparacion de bordes en V.

ESTOS CHAPLANES ESPECIALES SE REALIZAN SOBRE CHAPAS CUYO ESPESOR NO SUPERA LOS 20 A 25 MM.

LOS CHAPLANES CONICOS EN X SE REALIZAN EN CHAPAS, CUYO ESPESOR VARIA ENTRE LOS 12 Y 50 MM., CON UN ANGULO EN EL VERTICE DE APROXIMADAMENTE 70° , SIENDO LA ALTURA DE LA PARTE RECTA EN EL CENTRO DEL CHAPLAN, LIGERAMENTE SUPERIOR A LA DISTANCIA (D), CORRESPONDIENTE A LA SEPARACION DE LAS CHAPAS.

ASIMISMO SE REALIZAN CHAPLANES ESPECIALES EN X, COMO LOS DE PERFIL CILINDRICO - CONICO PARA CHAPAS DE ESPESOR SUPERIOR A LOS 50 MM. - - (FIG. V-1 d, e, f.)

A).- LOS METODOS CLASICOS:

1.- SOLDADURA A TOPE EN PLANO HORIZONTAL.

COMO SE HA DICHO ANTERIORMENTE, HASTA ESPESORES DE 4 MM. Y - ALGUNAS VECES HASTA 5 MM., LA SOLDADURA HORIZONTAL SE PRACTICA SOBRE CHAPAS SIN CHAPLAN. LA SOLDADURA SE EJECUTA GENERALMENTE EN UNA PASADA CON UN ELECTRODO DE DIAMETRO PROPORCIONAL AL ESPESOR, Y, A MENUDO, CON UN SEGUNDO CORDON EN EL REVERSO SI ESTE ES ACCESIBLE.

PARA LAS CHAPAS MUY FINAS (ESPESOR INFERIOR A 1 MM.), LA OPERACION SE FACILITA COLOCANDO UNA PLACA DE MANTENIMIENTO DEL CORDON; DE ESTE MODO SE ASEGURA UNA BUENA PENETRACION.

EN LAS SOLDADURAS A TOPE EN PLANO HORIZONTAL, EL ELECTRODO COLOCADO EN UN PLANO VERTICAL, PERPENDICULAR AL PLANO DE LA CHAPA, FORMA UN ANGULO DE 50 A 70° , EN EL SENTIDO DE AVANCE DE LA VARILLA (FIG. V-2).

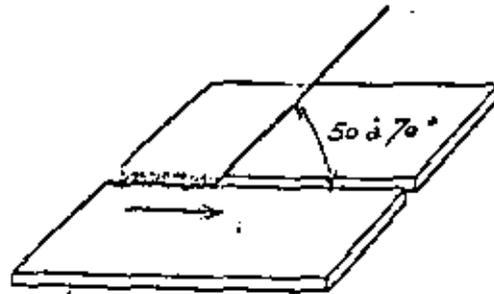


FIG. V-2.- POSICION DEL ELECTRODO EN LA SOLDADURA HORIZONTAL.
 TAL.

SOBRE CHAPAS ACHAPLANADAS, EL MODO OPERATORIO DEPENDE DEL NUMERO DE PASADAS NECESARIAS PARA RELLENAR LA CAVIDAD.

EN EL METODO DE PASADAS ANCHAS, EL NUMERO DE PASADAS ES RELATIVAMENTE BAJO (FIG. V-3).



FIG. V-3.- DISPOSICION DE LOS CORDONES DE SOLDADURA EN EL METODO POR "PASADAS ANCHAS".

UNA PASADA HASTA 5 MM. DE ESPESOR.

DOS PASADAS HASTA 9 MM. DE ESPESOR.

TRES PASADAS HASTA 12 MM. DE ESPESOR.

LA PRIMERA PASADA O PASADA DE FONDO, SE EJECUTA EN GENERAL, CON UN ELECTRODO DE 3.2 MM. DE DIAMETRO, LAS OTRAS CON DIAMETROS MAYORES; 4 MM. HASTA 10 MM. DE ESPESOR DE LA CHAPA.

EN LA TABLA V-1, QUE DAMOS A CONTINUACION, HEMOS AGRUPADO EN FUNCION DE LOS ESPESORES A SOLDAR, CON INDICACION SOBRE LA PREPARACION DE LOS BORDES (COLUMNA 2), EL NUMERO DE PASADAS Y EL DIAMETRO DE LOS ELECTRODOS QUE CORRESPONDEN A CADA UNA DE ELLAS.

Tabla V-1
Condiciones de ejecución de las soldaduras por arco

Espesor de chapa (mm)	Preparación de los bordes	Diámetro de los electrodos (mm)					Número de pasadas
		2	2.5	3.2	4	5	
2	bordes rectos	1	—	—	—	—	1
3	—	—	1	—	—	—	1
4	—	—	—	1	—	—	1
5	—	—	—	—	1	—	1
4	achafalados en V	—	—	1	—	—	1
5	—	—	—	—	1	—	1
6	—	—	—	2	—	—	2
8	—	—	—	1	1	—	2
9	—	—	—	1	1	—	2
10	—	—	—	1	2	—	3
12	—	—	—	1	1	1	3
12	—	—	—	1	3	—	4
14	—	—	—	1	2	2	5
16	—	—	—	1	2	3	6
18	—	—	—	1	1	4	6
20	—	—	—	2	2	4	6
22	—	—	—	1	1	7	9
25	—	—	—	1	2	6	9

EN EL METODO DE PASADAS ESTRECHAS, EL NUMERO DE PASADAS ES MUCHO MAYOR Y ASI, PARA LA SOLDADURA SOBRE CHAPA DE 10 MM. DE ESPESOR, SE RECOMIENDA EFECTUAR DIEZ PASADAS DEPOSITADAS EN CIRCULO CERRADO. (FIG. V-4).

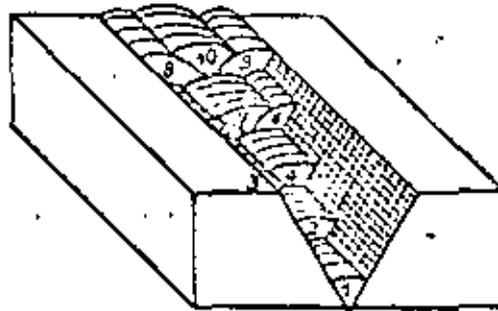


FIG. V-4.- DISPOSICION DE LOS CORDONES DE SOLDADURA EN EL TIEMPO POR "PASADAS ESTRECHAS".

LA CAPA DE FONDO Y LA SEGUNDA CAPA SE REALIZAN EN UNA SOLA PASADA; LA TERCERA EN DOS PASADAS Y LA CUARTA Y QUINTA EN TRES PASADAS CADA UNA.

EL ORDEN DE EJECUCION DE LAS PASADAS ES TAMBIEN DE GRAN IMPORTANCIA DEBE FACILITAR EL DESPRENDIMIENTO DE LA ESCORIA AL PICAR. SI LAS PASADAS SE EFECTUAN EN UN ORDEN CUALQUIERA, SE SUPRE EL RIESGO DE DEJAR INCLUSIONES DE ESCORIA Y PAVORECEN LA PELADURA SOBRE LOS BORDOS DEL CHAPLAN.

LA FIGURA V-5, REPRESENTA UNA MUESTRA DE SOLDADURA PRELIMINAR SOBRE CHAPAS DE 46 MM. DE ESPESOR; DICHA SOLDADURA, EJECUTADA EN PASADAS ESTRECHAS, LLEVO MAS DE 30 PASADAS.



LA FIGURA SIGUIENTE (FIG. V-6) MUESTRA LA SOLDADURA EJECUTADA POR EL MISMO METODO CON CHAPAS EN X, PERO SOBRE CHAPAS DE SOLAMENTE 10 MM. DE ESPESOR.



FIG. V-6.- MICROGRAFIA DE UNA SOLDADURA POR ARCO SIGUIENDO EL METODO DE "PASADAS ESTRECHAS CON PREPARACION EN X (PROBETA TOMADA EN EL PUENTE DE REUILLY - SUR SEIN-NE).

2.- SOLDADURAS VERTICALES.

SOBRE CHAPAS A TOPE NO ACHAPLANADAS EL METODO SE APLICA HASTA LOS 4 MM. DE ESPESOR, CON UNA SEPARACION ENTRE BORDES QUE AUMENTA CON EL ESPESOR DESDE 1 A 3 MM.

EL ELECTRODO SE MANTIENE EN EL PLANO PERPENDICULAR AL DE LAS CHAPAS, FORMANDO UN ANGULO DE 90 A 110° EN EL SENTIDO DE AVANCE DE LA VARILLA, PARA LA SOLDADURA ASCENDENTE (FIG. V-7), Y DE 100 A 130° PARA LA DESCENDENTE (FIG. V-8). LA INTENSIDAD DE LA CORRIENTE ES SUPERIOR, EN ESTE CASO EN UN 10 A UN 15% CON RESPECTO A LA SOLDADURA A TOPE EN PLANO HORIZONTAL.

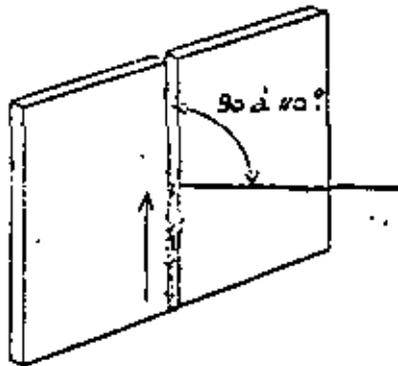


Fig. V-7.—Método vertical ascendente.

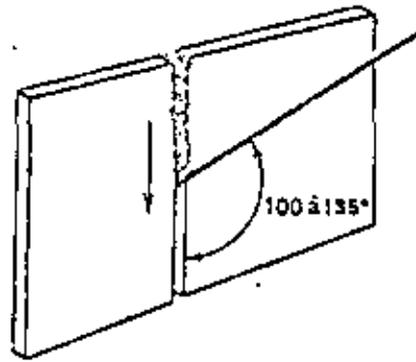


Fig. V-8.—Método vertical descendente.

SOBRE CHAPAS ACHAPLANADAS PUEDEN APLICARSE, COMO PARA LAS SOLDADURAS SOBRE PLANO HORIZONTAL, LOS MÉTODOS POR PASADAS ANCHAS O ESTRECHAS. PRIMERA PASADA O PASADA DE FONDO, SE EJECUTA COMO PARA LAS CHAPAS SIN CHAPLAN. EL RESTO DE LAS PASADAS SE REALIZAN DANDO AL ELECTRODO UN MOVIMIENTO DE BALANCE, PASANDO DE UN BORDE A OTRO DE LAS CHAPAS; LA POSICION DEL ELECTRODO PARECECE PRÁCTICAMENTE IGUAL. LA FACILIDAD DE EJECUCION Y LA CALIDAD DE LAS SOLDADURAS, SE MEJORAN DEJANDO UNA PARTE RECTA EN EL FONDO DEL CHAPLAN DE 2 A 3 MM.

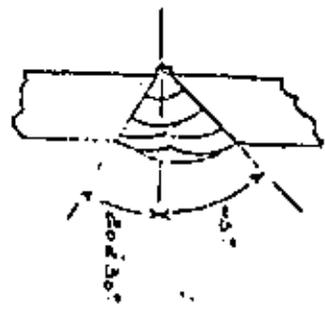
3.- SOLDADURAS HORIZONTALES EN PLANO VERTICAL:

SOBRE CHAPAS SIN CHAPLAN, LA SOLDADURA RESULTA BASTANTE DIFÍCIL DE EJECUTAR Y SIEMPRE QUE SEA POSIBLE, DEBE EVITARSE UNA PREPARACION DE ESTE TIPO.

EL ELECTRODO, SITUADO EN EL PLANO PERPENDICULAR AL DE LAS CHAPAS (FIG. V-9), SE DESPLAZA HORIZONTAMENTE FORMANDO UN ANGULO DE APROXIMADAMENTE 60° EN EL SENTIDO DE AVANCE.

INSA

FIG. A-10.- REPRESENTACION DE LAS CHAPAS PARA EL EMPUDO EN "COF"



EL EMPUDO SE REALIZA PRÁCTICAMENTE SOBRE CHAPAS CON CHANTAS
 DESIGUAL, EL ANGULO DE LA CHAPA INTERIOR ES DE 20 Y 30° -
 MIENTRAS QUE EL DE LA SUPERIOR SOBREPASA LOS 40° (Véase FIG. A-10).

LAS CHAPAS.

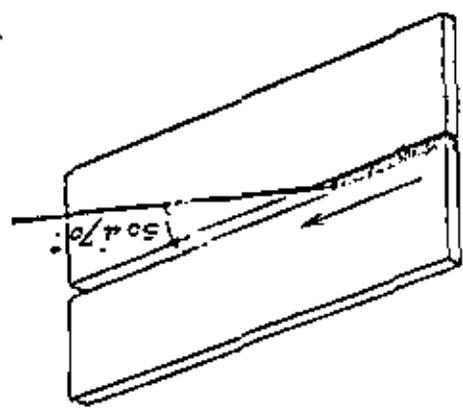
EN EL PLANO MEDIO, SINO SE UN PLANO QUE FORMA 60° CON EL DE
 PARA LAS HERRAJES PASADAS, EL EMPUCHADO NO SE DESPLAZA YA
 EMPUCHADO UN ANGULO DE 45° EN EL SENTIDO DE AVANCE. PERO,
 PUNTO SE SITUAN COMO SOBRE LAS SIN QUEDAN, FORMANDO EL -
 BOMBAS CHAPAS APLANADAS (A MAYOR DE 4 MM.), LA LARGURA DE

QUE PARA LAS SOLDADURAS VERTICALES.

LA SEPARACION DE LOS BOMBOS ES, EN ESTE CASO, AUN MENOR -

INSA

FIG. A-9.- SOLDADURA HORIZONTAL EN PLANO VERTICAL EN "COF"



4.- SOLDADURAS EN TECHO:

SOBRE CHAPAS NO ACHAPLANADAS O CON CHAPLIN, EL ELECTRODO SE DESPLAZA EN EL PLANO VERTICAL PERPENDICULARMENTE AL DE LAS CHAPAS, FORMANDO UN ANGULO DE 70° A 90° EN EL SENTIDO DE AVANCE DEL ELECTRODO (FIG. V-II).

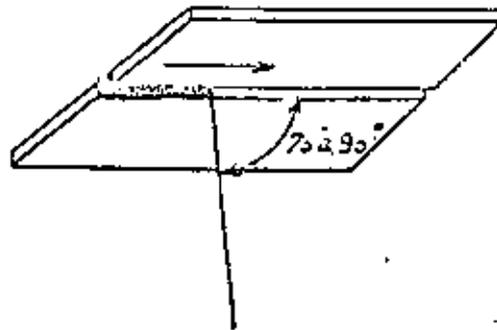


FIG. V-II.- METODO DE SOLDADURA EN TECHO.

LA PASADA DE FONDO DEBE ADECUARSE LA PENETRACION, LO QUE OBLIGA A MENUDO A MANTENER UNA SEPARACION LIGERAMENTE SUPERIOR A LA INDICADA PARA LOS METODOS PRECEDENTES. TAMBIEN ES RECOMENDABLE PREPARAR LOS BORDES ACHAPLANADOS CON UNA PASTE RECTA DE 2 A 3 MM. SEGUN EL ESPESOR DE LAS CHAPAS.

5.- SOLDADURAS EN ANGULO Y A SOLAPE:

LAS SOLDADURAS EN ANGELOS INTERIORES O EXTERIORES, NO PRESENTAN NINGUNA DIFICULTAD PARTICULAR; SE PUEDE REALIZAR UN CORDON EN EL QUE LA MAGNITUD DE LA ALTURA SEA DEL MISMO ORDEN QUE EL ESPESOR DE LA CHAPA. EL ELECTRODO SE MANTIENE SIEMPRE EN EL PLANO BISECTOR, FORMANDO UN ANGULO QUE VARIA SEGUN LAS PASADAS: 30° A 45° EN EL SENTIDO DE AVANCE PARA LA PASADA DE FONDO Y 50° A 70° PARA LAS PASADAS SUPERIORES (FIG. V-13).

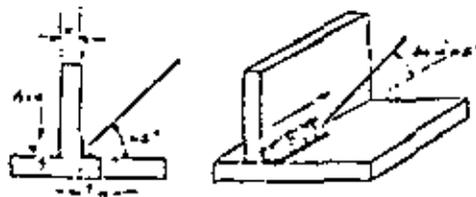


FIG. V-12.- POSICION DEL ELECTRODO EN EL METODO DE SOLDADURA EN ANGULO SOBRE PLANO HORIZONTAL.

SEGUN LA NATURALEZA DEL REVESTIMIENTO, LA CONCAVIDAD DEL CORDON PUEDE VARIAR; ESPECIVAMENTE, LA FORMA DEL CORDON JUEGA UN IMPORTANTE PAPER SOBRE LAS PROPIEDADES MECANICAS, PRINCIPALMENTE EN LO QUE SE REFIERE A LAS SOLICITACIONES DINAMICAS.

EN ESTAS SOLDADURAS NO SE PRESENTA EL PROBLEMA DEL ACHAPLANADO DE LOS BORDES; NO ORTANTE, PARA LAS CHAPAS DE GRAN ESPESOR, ES RECOMENDABLE BISSAR LAS CHAPAS SUPERIOR CON EL FIL DE ASEGURAR UNA BUJON-REACTRACION DEL CORDON.

LAS SOLDADURAS " A SOLAPE" SE PRACTICAN DE IGUAL FORMA QUE LAS DE ANGULO (FIG. V-13).



FIG. V-13.- POSICION DEL ELECTRODO PARA LA SOLDADURA A SOLAPE.

2).- LOS METODOS MODERNOS:

1.- METODO DE SOLDADURA EN SOBREENTENSIDAD.

PRECONIZADO EN FRANCIA DESDE 1936 POR R. SAMAZIN Y M. MONSTROU.
ESTE METODO PONE EN JUEGO LA ENERGIA ELECTRICA CON EL FIN DE
AUMENTAR CONJUNTAMENTE, LA PEREETRACION DE LA SOLDADURA Y LA
VELOCIDAD DE EJECUCION. EN ESTE TIPO DE ELECTRODO, LOS RE--
VESTIMIENTOS DEBEN SER MAS REFRACTARIOS PARA RESISTIR LAS
CARACTERISTICAS ELECTRICAS QUE SE LES IMPONEN.

LAS INTENSIDADES APLICADAS EN ESTE METODO DE SOLDADURAN VA--
RIAN CON EL DIAMETRO DE LOS ELECTRODOS Y AUMENTAN CON LAS DI--
FERENTES PASADAS.

ASI, CON UN ELECTRODO DE 4 MM. DE DIAMETRO, LA INTENSIDAD -
PUEDE VARIAR DE 200 A 220 A; ES DECIR, DE UN 25 A UN 30% MAS
QUE LA NORMAL; PARA UN ELECTRODO DE 5 MM., LA INTENSIDAD --
SERIA DEL ORDEN DE 250 A 300 A.

COMO PARA EL METODO DE GRAN PEREETRACION, SE TRATA DE EVITAR--
LA PREPARACION DE LOS BORNES DEJANDO UNA SEPARACION SUPERFICIA--
L. ESTE METODO NO PUEDE APLICARSE MAS QUE PARA ESPESORES -
DE UNOS 7 A 8 MM. CON LAS INTENSIDADES SEÑALADAS ANTERIORMEN--
TE, LA VELOCIDAD DE LA SOLDADURA SE AUMENTA CERCA DE UN 30%



LA FIGURA V-14, MUESTRA LA PENETRACION OBTENIDA EN UNA SOLDADURA EN ANGULO SOBRE CHAPAS DE 12 MM. DE ESPESOR, SIN NINGUNA PREPARACION CON ELECTRODO DE 4 MM. DE DIAMETRO. (I = 220 A).

2.- METODO DE GRAN PENETRACION:

ESTE PROCEDIMIENTO HACE INTERVENIR ELECTRODOS ESPECIALES - LLAMADOS DE "GRAN PENETRACION" QUE PERMITEN LA REALIZACION DE LA SOLDADURA CON UN REDUCIDO NUMERO DE PASADAS, SOBRE CHAPAS SIN ACHAPLANAR. LA SUPRESION DE LA PREPARACION DE LOS BORDES HASTA 16 MM. DE ESPESOR, PERMITE UNA IMPORTANTE GANANCIA EN TIEMPO Y POR ELLO UN PRECIO DE COSTO DE SOLDADURA RELATIVAMENTE BAJO.

HABITUALMENTE, LAS SOLDADURAS SOBRE BORDES RECTOS SE HACEN EN DOS PASADAS, LA PRIMERA PENETRA HASTA LA MITAD DEL ESPESOR, LA SEGUNDA EJECUTADA SOBRE EL REVERSO DE LA CHAPA, SE SUPERPONE A LA PRIMERA. (FIG. V-15).

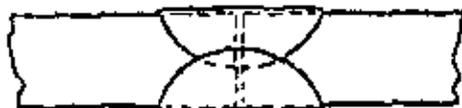


FIG. V-15.- CORTE ESQUEMATICO DE UNA SOLDADURA DE "GRAN PENETRACION".

EN ESTE PROCEDIMIENTO, LA NATURALEZA DEL REVESTIMIENTO JUEGA UN PAPEL ESENCIAL PRODUCIENDO REACCIONES EXOTERMICAS.

LAS INTENSIDADES UTILIZADAS SON SUPERIORES EN UN 50 A 60 % SOBRE LAS NORMALES, UTILIZADAS EN LOS METODOS CLASICOS.

LA NATURALEZA DE LA CORRIENTE NO PARECE INFLUIR EN LA PENETRACION. NO OBSTANTE, PARA LAS INTENSIDADES ELEVADAS, ES PREFERIBLE EL EMPLEO DE LA CORRIENTE ALTERNA PARA EVITAR EL EFECTO DE SOLDADURA DEL ARCO QUE SE PRODUCE EN CORRIENTE CONTINUA.

LAS SOLDADURAS DE "GRAN PENETRACION" SON SENSIBLES A LA NATURALEZA DEL METAL BASE; CON UN ACERO DE BASE DE MALA CALIDAD PUEDEN OBTENERSE DEFECTOS INTERNOS DE IMPORTANCIA, ÚNICAMENTE REVELADOS POR DELICADOS METODOS DE CONTROL, TALOS COMO LOS RAYOS X. (FIG. V-16).

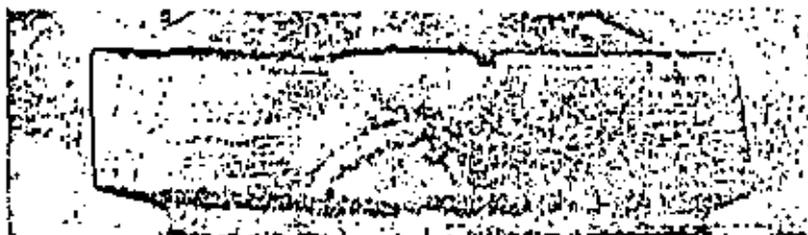


FIG. V-16.- DEFECTOS DE LA UNION DE UNA SOLDADURA DE "GRAN PENETRACION" EJECUTADA CON UN MAL ELECTRODO. MORDEDURAS IMPORTANTES EN LOS BORDES.

PARA LOS GRANDES ESPESORES, A PARTIR DE LOS 15 MM., PARA FACILITAR LA PENETRACION SE REBAJAN LIGERAMENTE LOS EXTREMOS DE LOS BORDES A UNIR Y SE DA MAYOR SEPARACION A LAS DOS CHAPAS.

3.- EL PROCEDIMIENTO POR CONTACTO:

ESTE PROCEDIMIENTO AUN RECIENTE, UTILIZA ELECTRODOS ESPECIALES CON REVESTIMIENTO MUY GRUESO Y CARACTERISTICAS IDENTICAS A LAS DE LOS ELECTODOS AUTOMATICOS, TDO ELLO PARA ASSEGURAR

UNA BUENA PENETRACION. EL ELECTRODO FACILITA LA SOLDADURA DEBIDO A SU ARCO CONSTANTE Y CEBADO AUTOMATICO.

4.- ELECTRODOS DE GRAN RENDIMIENTO:

RECIENTEMENTE SE HAN PUESTO EN EL MERCADO ELECTRODOS DE RENDIMIENTO ELEVADO, DEBIDO A QUE EL PESO DE METAL DEPOSITADO POR FUSION ES SUPERIOR AL QUE CORRESPONDE AL ALMA DEL ELECTRODO. ESTE RESULTADO SE CONSIGUE ANALIZANDO POLVO DE HIERRO EN EL REVESTIMIENTO.

LOS ELECTRODOS DEL TIPO CONTACTO, DESCRITOS ANTERIORMENTE, SON TAMBIEN DE GRAN RENDIMIENTO.

LOS ELECTRODOS DE GRAN RENDIMIENTO PUEDEN FABRICARSE CON UN REVESTIMIENTO ACIDO DE GRAN ESPESOR, CUYO RENDIMIENTO PUEDE ALCANZAR 1.60 A 1.80 VECES EL PESO DEL ALMA DEL ELECTRODO, UNICAMENTE SON UTILIZABLES EN HORIZONTAL O EN ANGULO.

ALGUNOS PARTICIPANTES HAN CONSTRUIDO ELECTRODOS DE RENDIMIENTO ELEVADO DE TIPO BASICO, CUYO RENDIMIENTO ES DEL ORDEN DE 1.2; ESTAS DESTINADOS A LA EJECUCION DE SOLDADURAS EN TODAS POSICIONES, CON CARACTERISTICAS COMPARABLES A LAS DE LOS ELECTRODOS BASICOS.



C A P I T U L O I V

SOLDADURA AUTOMÁTICA:

EL INTERÉS DE LA AUTOMATIZACIÓN DE LA SOLDADURA ES TAN EVIDENTE, QUE RESULTA INÚTIL INSISTIR SOBRE SUS VENTAJAS.

- SUPRESIÓN DE UNA MANO DE OBRA MÁS O MENOS EXPERIADA.
- GRAN VELOCIDAD DE EJECUCIÓN, ACOMPAÑADA DE UNA MAYOR PENETRACIÓN, ETC.

LAS MÁQUINAS AUTOMÁTICAS DE SOLDADURA PRESENTAN, SIN EMBARGO, ALGUNOS INCONVENIENTES, POR EJEMPLO, EXIGEN:

- UNA PREPARACIÓN MÁS CUIDADOSA DE LAS PIEZAS DE UNIÓN.
- UNA REGULACIÓN DE LA MÁQUINA Y UNA PUESTA A PUNTO PARA CADA TIPO.
- LA SOLDADURA EN CIERTAS POSICIONES BIEN DEFINIDAS: HORIZONTAL A TOPE, HORIZONTAL EN ÁNGULO O ÁNGULO POSICIONADO (CANALÓN).

SE VE ASIMISMO, QUE EL BALANCE ECONÓMICO ES FAVORABLE PARA LA REALIZACIÓN EN SERIE Y PARA LAS GRANDES LONGITUDES. ESTE INCONVENIENTE HA TENIDO POSIBLE REMEDIO EN PARTES, POR EL PROCEDIMIENTO SEMI-AUTOMÁTICO, QUE ES MAS ACONSEJABLE.

ACTUALMENTE EXISTEN EN EL MERCADO DIVERSOS TIPOS DE MÁQUINAS DE SOLDAR POR ARCO DE LAS CUALES LAS MAS INTERESANTES SE AJUSTAN A DOS CONCEPTOS MUY DIFERENTES EN SU PRINCIPIO.

- 1).- MÁQUINAS AUTOMÁTICAS CON ELECTRODOS REVESTIDOS.
- 2).- MÁQUINAS AUTOMÁTICAS CON HILO DESNUDO, CUYO REVESTIMIENTO ES INDEPENDIENTE: PROCEDIMIENTOS UNIONMET, ELIN, LINCOLN, ETC.

MAQUINAS AUTOMATICAS CON ELECTRODOS REVESTIDOS:

SE HAN CREADO NUMEROSOS TIPOS DE MAQUINAS BASADAS EN LA UTILIZACION DE LOS ELECTRODOS REVESTIDOS. LOS PRIMEROS ESTABAN CONSTITUIDOS POR UNA CINTA CIRCULAR, PORTADORA DE UNA SERIE DE ELECTRODOS DE LONGITUD NORMAL (FIG. VI-1) QUE ESTABLECIA CONTACTO SUCESIVAMENTE CON LA PIEZA. ESTE PROCEDIMIENTO SE DESARROLLO SOBRE TODO EN SUECIA.

DENTRO DEL DOMINIO DEL ELECTRODO REVESTIDO CONTINUO, LA CABEZA AUTOMATICA PUSARC (SARAZIN ET CIE, EN FRANCIA), SE HA EXTENDIDO MUCHO. EL ELECTRODO CONTINUO, ESTA CONSTITUIDO POR UN HILO DE ACERO LIGERO EL CUE SE ENROLLA UN SEGUNDO HILO EN ESPIRAL CON UN DORNE COMPLETO: RETENER LA MATERIAL DE REVESTIMIENTO ENTRE LAS ESPIRAS Y SERVIR DE CONDUCTOR DE CORRIENTE DE SOLDADURA. EL HILO ACORAZADO PUSARC LLEVA ADEMAS UN PCEJE QUE SE ENROLLA SOBRE LAS ESPIRAS, PARA AUMENTAR LA CONDUCTIVIDAD DEL HILO. ESTE HILO ACORAZADO, PUEDE ADMITIR LOS MAS VARIADOS REVESTIMIENTOS, SEGUN SU APLICACION; REVESTIMIENTOS ACIDOS O BASICOS.

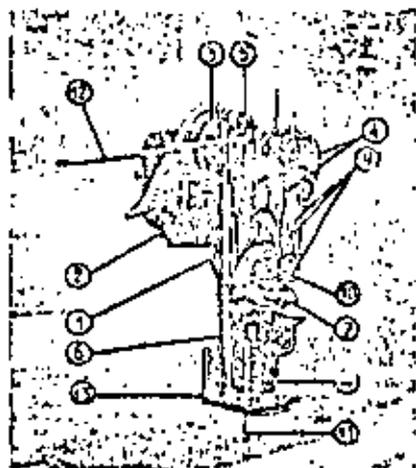


FIG. VI-1 CABEZA DE SOLDADURA AUTOMATICA CON ELECTRODOS CLASICOS.

EL PIÑON DEL MOTOR DE CONTROL (2) REGULA EL AVANCE O RETROCESO DE LAS CADENAS (4) POR MEDIO DEL MECANISMO (3). LOS PORTA ELECTRODOS (5, 6 Y 7) SE CARGAN AUTOMATICAMENTE Y SE PONEN EN CONTACTO CON LA PIEZA A SOLDAR POR MEDIO DE UNA GUIA (8); LA CINTA (9) CONDUCE LA CORRIENTE DE LA FUENTE AL ELECTRODO.

SOLDADURA AUTOMÁTICA UNIONMELT:

PUESTO A PUNTO EN AMÉRICA, EL PROCEDIMIENTO UNIONMELT VIENE SIENDO UTILIZADO EN PLAN INDUSTRIAL DESDE 1936.

EL PROCEDIMIENTO UNIONMELT TIENE DE COMÚN CON EL DE SOLDADURA POR ARCO, LA UTILIZACIÓN DE UN ELECTRODO CONTINUO DE ACERO QUE CUMPLE LAS MISIONES DE CONDUCTOR DE LA CORRIENTE Y DE METAL DE APORTACION Y SE DIFERENCIA DE ESTE PROCEDIMIENTO POR VARIAS RAZONES. EL FLUJO APORTADO SOBRE EL BAÑO DE FUSION PUEDE DECIRSE QUE JUEGA EL MISMO PAPEL QUE EL REVESTIMIENTO DEL ELECTRODO MANUAL, ES DECIR, POR UNA PARTE ESTABILIZAR Y PROTEGER EL ARCO Y OTRA APORTAR ELEMENTOS ÚTILES; ADEMÁS POR SU CONDUCTIBILIDAD CALORÍFICA, CONTRIBUYE A TRANSMITIR LAS CALORIAS DE FUSION, ASIMISMO, EL ARCO SE ENCUENTRA SUMERGIDO Y PROTEGIDO POR EL FLUJO, LUGAR DE UN EFECTO JOULE DEBIDO AL PASO DE LA CORRIENTE.

UNA INSTALACION DE SOLDADURA UNIONMELT, VER FIG. VI-8, COMPRENDE:

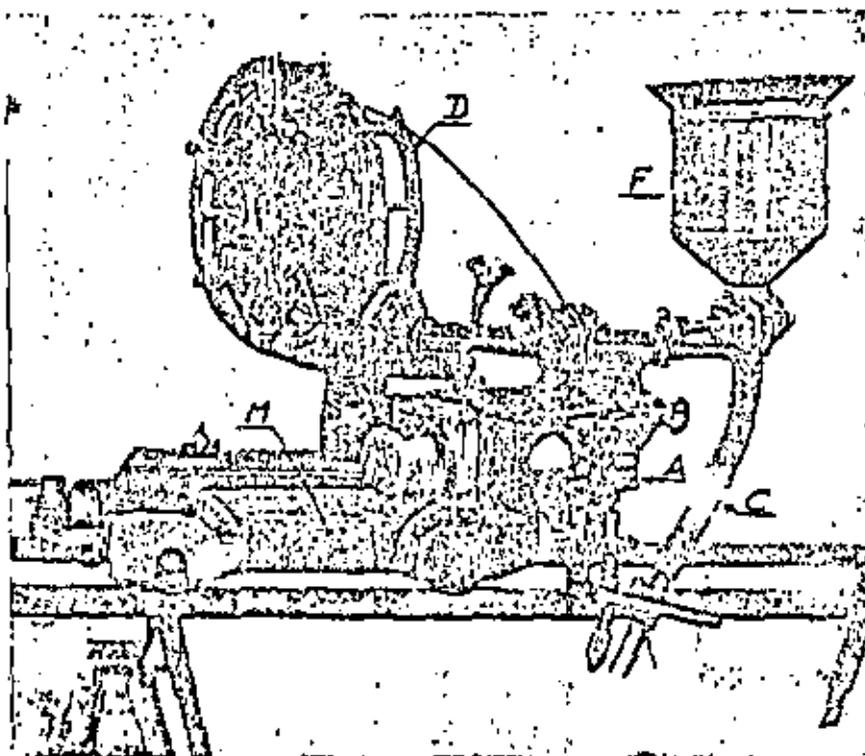


FIG. VI-8 CABEZA AUTOMÁTICA UNIONMELT TIPO TO DE 1000 A, SOBRE UN CARRO MOTOR.

- LA CABEZA DE SOLDADURA DONDE VA EL MOTOR QUE ARRASTRA EL HILO EL EL TRODO DE DIAMETROS VARIABLES QUE VA ENROLLADO EN UN CARRETE D.
- UN RECIPIENTE (F) QUE CONTIENE EL PLUJO.
- UN CONDUCTOR (C) QUE VIERTI EL POLVO POR DELANTE DE LA SOLDADURA.
- UN DISPOSITIVO DE CONTROL AUTOMATICO DE LA TENSION DE SOLDADURA - (A) QUE REGULA LA MARCHA DEL MOTOR, DE LA CABEZA EN FUNCION DE - LICHA TENSION.
- LA FUENTE DE CORRIENTE, QUE PUEDE SER UN GENERADOR DE CORRIENTE CONTINUA O UN EQUIPO ESTATICO DE CORRIENTE ALTERNA; LOS APARATOS MODERNOS DE CORRIENTE ALTERNA VAN EQUIPADOS CON UN ESTABILIZADOR DE ARCO.
- LOS ORGANOS MECANICOS (H) DESTINADOS A DESPLAZAR LA CABEZA DE - SOLDADURA DE ACUERDO CON EL AVANCE DEL CORDON.
- LOS APARATOS DE MEDIDA, CONTACTOR, ETC.
- UN ASPIRADOR RECUPERADOR DEL PLUJO NO UTILIZADO.

EN GENERAL, EL CEBADO DEL ARCO NO ES AUTOMATICO; SE REALIZA POR MEDIO DE VIRUTA O LIMADURA DE HIERRO QUE SE INTERPONE ENTRE LA PIEZA Y EL HILO ELECTRODO.

NO OBSTANTE SE HA CREADO UN DISPOSITIVO QUE PERMITE EL CEBADO AUTOMA TICO DEL ARCO SIN CONTACTO, HACIENDO INTERVENIR UNA CORRIENTE DE - - ALTA FRECUENCIA.

EL PROCEDIMIENTO UNIONMELT SE DIFERENCIA DE LAS DE SOLDADURA POR ARCO POR LA POSIBILIDAD DE EMPLEAR UN ARCO DE UNA INTENSIDAD MUY ELEVADA - ALCANZANDO HASTA LOS 3 000 - 4 000 A., LO CUAL PERMITE UNA GRAN VELO CIDAD DE SOLDADURA Y UNA FUERTE PENETRACION.

ASPECTO METALURGICO DE LAS SOLDADURAS UNIONWELT:

LAS SOLDADURAS UNIONWELT SE CARACTERIZAN POR UNA IMPORTANTE PENETRACION CON UNA CRISTALIZACION GROSERA Y ORIENTADA. EN LA MACROGRAFIA (FIG. VI-12; 13 Y 14) SE VE UNA ZONA FUNDIDA MUY LOCALIZADA CON UNA CRISTALIZACION ORIENTADA COMO EN UN MOLDE DE FUNDICION; LO MISMO VEMOS EN EL CASO DE LA SOLDADURA EN ANGULO. EL ASPECTO MACROGRAFICO (FIG. VI-15) NOS INDICA UNA CRISTALIZACION DENDRITICA GROSERA Y ORIENTADA.

ESTANDO DADAS LAS CONDICIONES PARTICULARES DE REALIZACION DE LAS UNIONES (INTENSIDAD MUY ELEVADA Y GRAN VELOCIDAD DE SOLDADURA CON PENETRACION PROFUNDA), LA SENSIBILIDAD DE CORRIENTE Y SOBRE TODO CON LA NATURALEZA DEL METAL BASE. POR TANTO ES INDISPENSABLE TOMAR TODA SERIE DE PRECAUCIONES ESPECIALES TANTO EN LA ELECCION DE METAL BASE, QUE DEBE SER DE CALIDAD, COMO EN LA DEL HILO DEL ELECTRODO Y EL FLUJO.

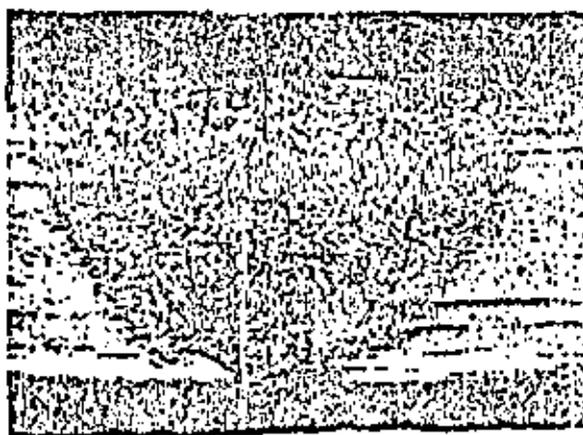


FIG. VI-12 SOLDADURA HORIZONTAL UNIONWELT SOBRE PLACAS DE 25 MM. DE ESPESOR CON SOPORTE DE COBRE, SEGUN EL METODO DE LA TABLA VI-IV. EL ATAQUE PONE EN EVIDENCIA LA CRISTALIZACION ORIENTADA DE LA ESTRUCTURA.

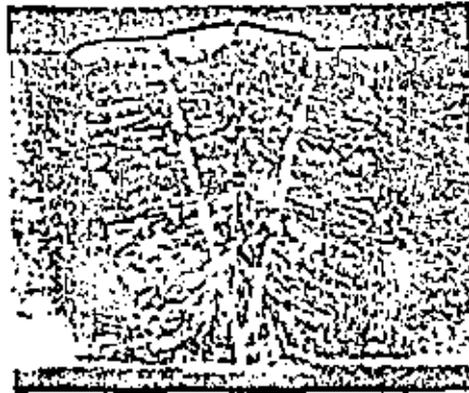


FIG. VI-13 SOLDADURA HORIZONTAL UNIONELE DE LOS CHAPAS DE 57 MM. DE ESPESOR ACHAFLANADOS A 30° EN UNA SOLA PASADA.

EL FLUJO PUEDE SER, COMO PARA LOS REVESTIMIENTOS DE LOS ELECTRODOS DE SOLDADURA POR ARCO, DE NATURALEZA ACIDA, NEUTRA O BASICA.

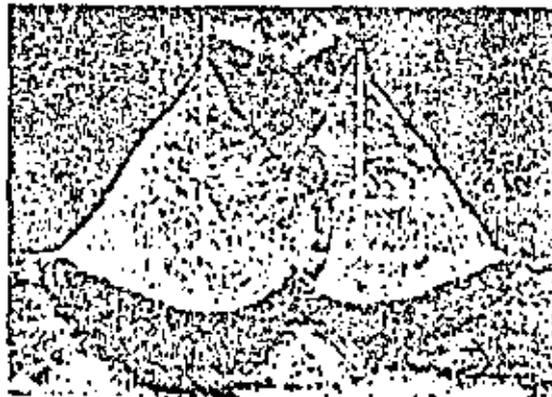
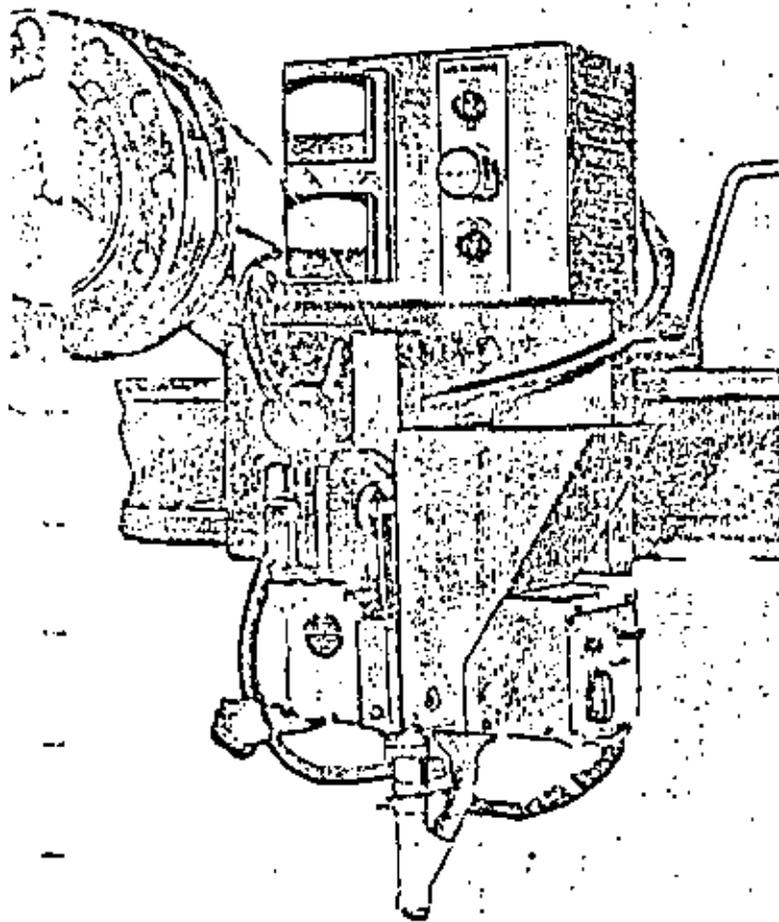
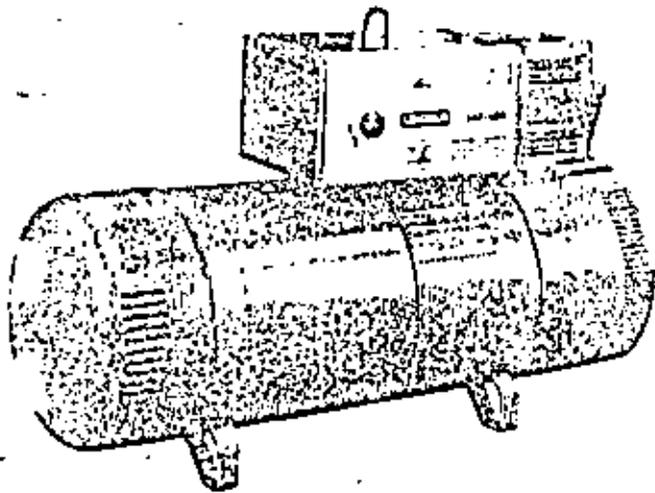
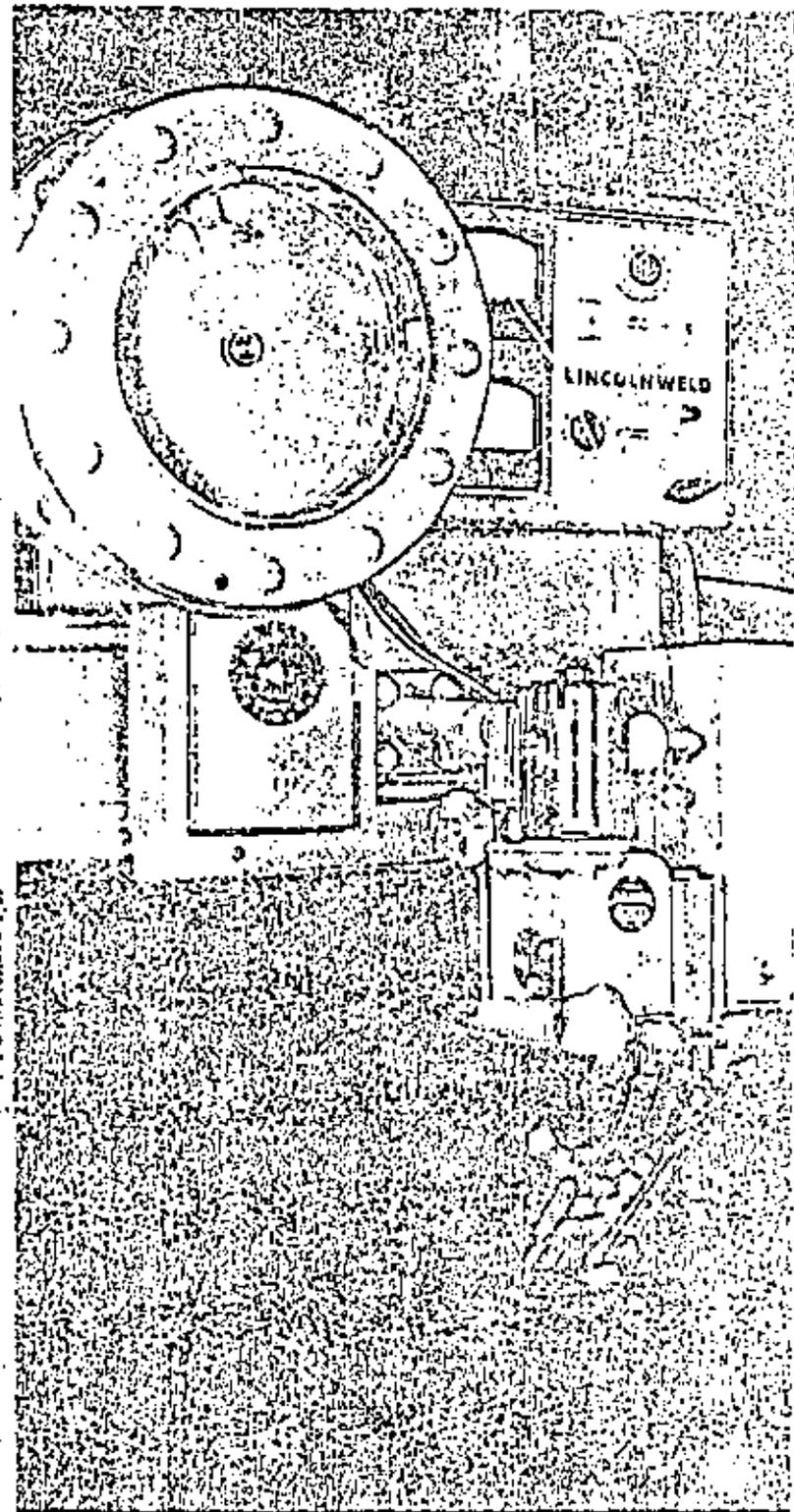


FIG. VI-14 SOLDADURA EN ANGULO SOBRE CHAPAS DE 25 MM. DE ESPESOR SIN ACHAFLAN; LA PENETRACION ES TOTAL.

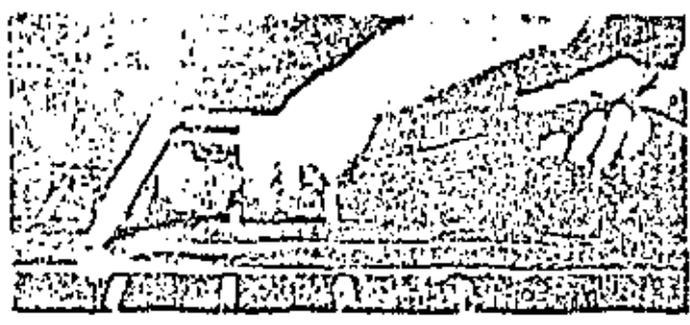
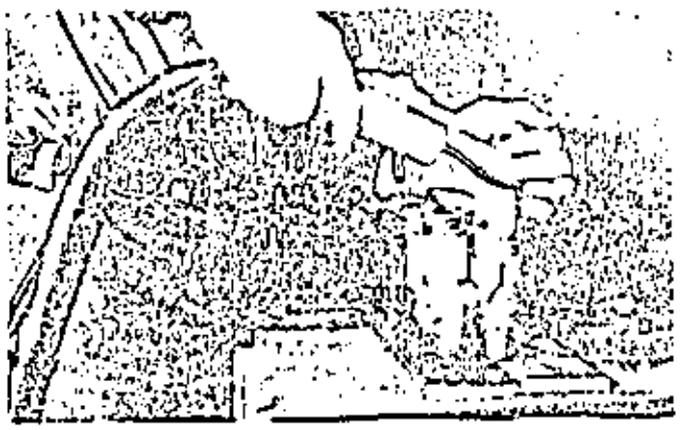
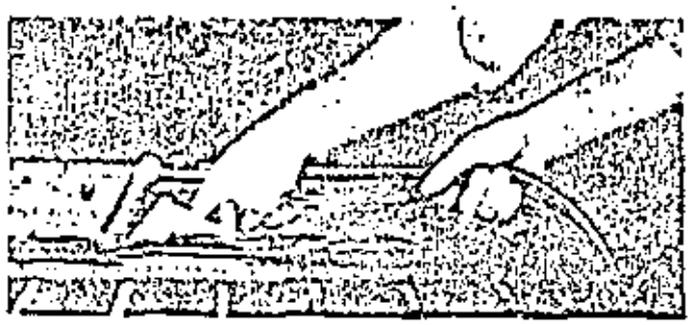
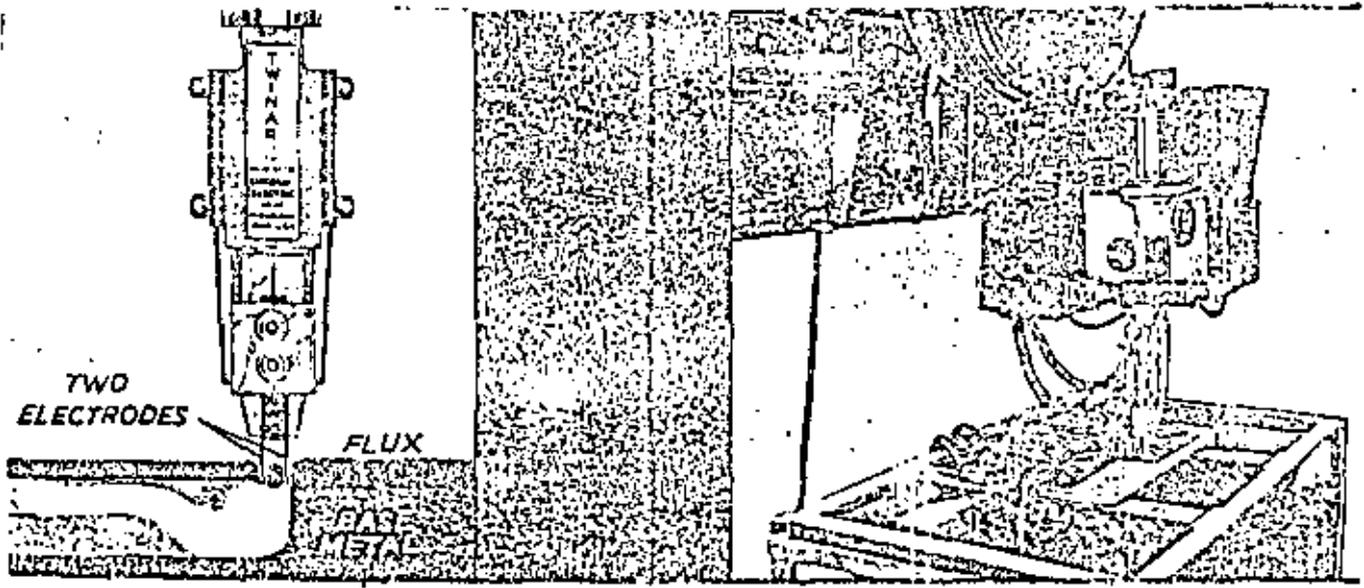
LOS FLUJOS BASICOS DAN UN METAL FUNDIDO CUYAS CARACTERISTICAS MECANICAS SON MAS ELEVADAS, SOBRE TODO EN LO QUE SE REFIERE A CAPACIDAD DE DEFORMACION, ALARGAMIENTOS Y RESISTENCIA.

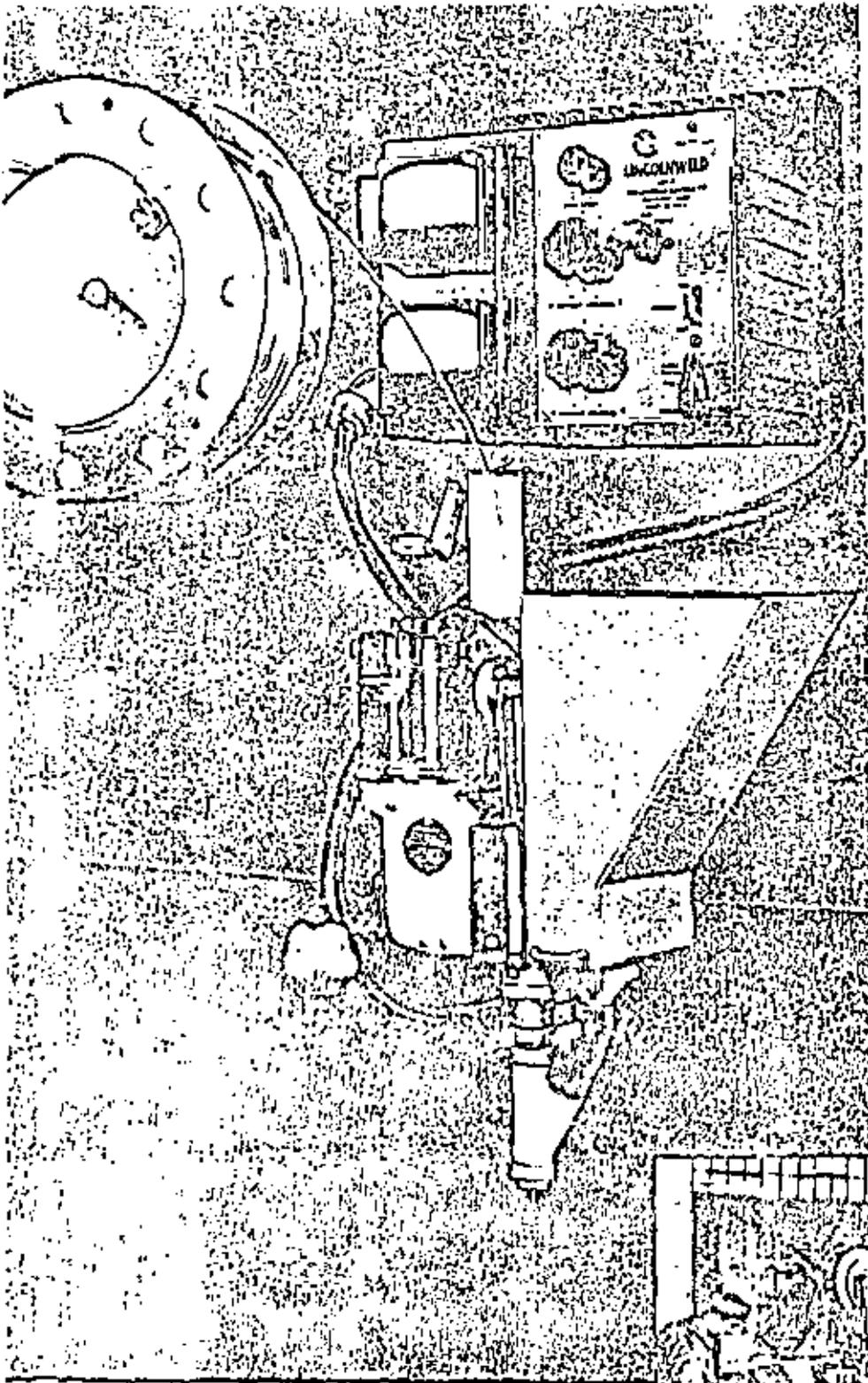


LINCOLN WELD LAF-3 carriage mounted with vertical lift adjuster.



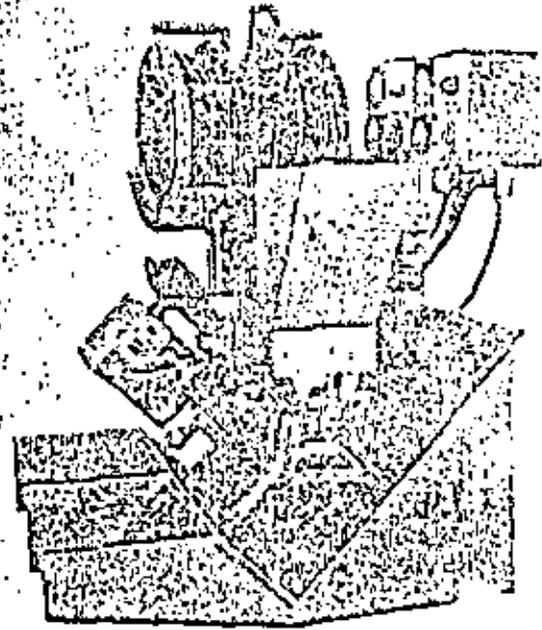
LAF-4 AC LINCOLN WELD with fillet-lap attachment.



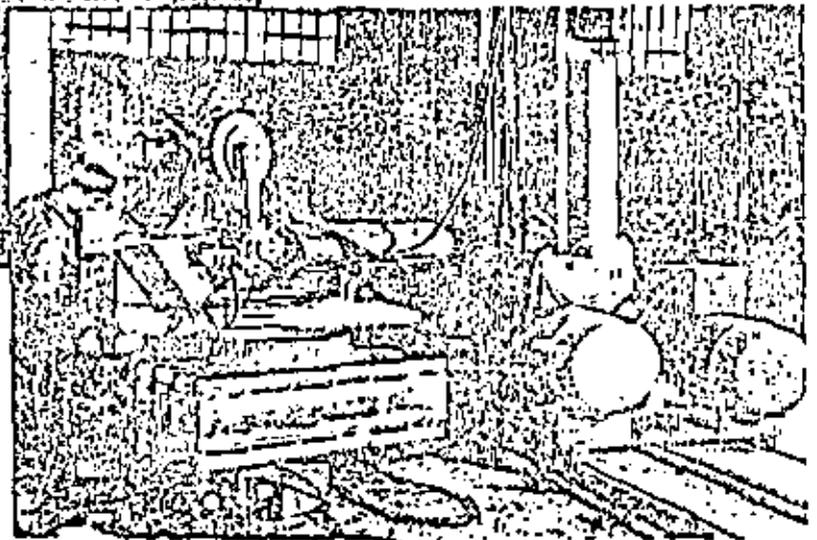


LINCOLNWELD LAF-3 bracket mounted.

Lincolnweld head on simple fixture for automatic welding of machine tool bases.



Attachment, such as the Not fillet guide illustrated above, provide automatic guiding on most jobs.





P I N T U R A

LA PINTURA UTILIZADA EN LA INDUSTRIA TIENE POR FINALIDAD PROTEGER A TODO TIPO DE FABRICACIONES (ESTRUCTURAS, PLANTAS DE PRODUCTOS QUIMICOS, BARCOS, TUBERIAS, ETC.), CONTRA LA CORROSION QUE ES, LA GRADUAL DESTRUCCION Y DESINTEGRACION DEL HIERRO Y EL ACERO, DEBIDO A LA ACCION DE ACIDOS, ALCALIS U OTRAS SUSTANCIAS QUIMICAS; O EROSION DE CUALQUIER MATERIAL.

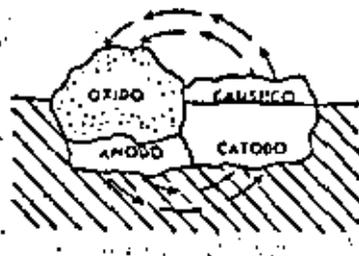
ES IMPORTANTE RECONOCER QUE LA CORROSION EN SUS DIVERSAS MANIFESTACIONES NO ES UNICAMENTE UN MAL MENOR. LAS PRACTICAS QUE SE SEGUIAN ANTERIORMENTE, COMO POR EJEMPLO EL SOBRE DISEÑO QUE COMPENSABA LAS PERDIDAS POR CORROSION O LA ACEPTACION DE CONTINUAS APLICACIONES DE PINTURA Y RENOVACION PERIODICA DE EQUIPO, HAN DEJADO DE SER ECONOMICAMENTE FACILES DEBIDO A LAS ALZAS DE COSTOS, TANTO DE MANO DE OBRA COMO DE MATERIALES Y DE PRODUCCION.

SE HA CALCULADO QUE LAS PERDIDAS ANUALES DEBIDAS A LA CORROSION SE ELEVAN A CANTIDADES SUMAMENTE ALTAS; TAN SOLO EN LOS ESTADOS UNIDOS DE NORTEAMERICA, LA NATIONAL ASSOCIATION OF CORROSION ENGINEERS, HA ESTIMADO EL COSTO DE LA CORROSION, EN MAS DE DIEZ MIL MILLONES DE DOLARES ANUALES QUE GRAVITAN SOBRE LA ECONOMIA DE ESE PAIS; SI NOS CIRCUNSCRIBIMOS A UN NIVEL LOCAL, LA CORROSION CREA UNA CARGA ECONOMICA QUE NO PUEDE SER IGNORADA POR NINGUN PAIS, Y EN MENOR ESCALA, POR NINGUNA PLANTA.

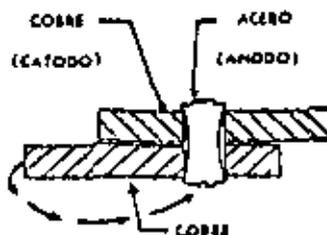
L A C O R R O S I O N

TOMEMOS COMO EJEMPLO EL "SIMPLE" PROCESO MEDIANTE EL CUAL SE CORROEN LAS SUPERFICIES DE HIERRO O ACERO. LO QUE ANTES SE CONSIDERABA COMO UN SIMPLE PROCESO DE OXIDACION, AHORA SE SABE QUE ES UNA COMPLICADA REACCION ELECTROQUIMICA MEDIANTE LA CUAL, DIXIMUTAS HORAS DE UNA SUPERFICIE METALICA ACTUAN COMO PILAS O BATERIAS MICROSCOPICAS. DEBIDO A LAS DIFERENCIAS EN SU ESTRUCTURA CRISTALINA, CONCENTRACION DE

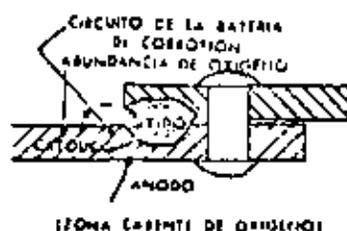
ESFUERZOS Y DUREZA DE TRABAJO, CIERTAS ZONAS DE LA SUPERFICIE DE ACO
 NO TIENDEN A VOLVERSE ANODICAS, EN TANTO QUE LAS AREAS ADYACENTES DE
 LA MISMA SUPERFICIE SE VUELVEN CATORICAS. CUANDO ESTAS "PLACAS DE -
 LA PILA O BATERIA" SE COLOCAN EN UN ELECTROLITO NATURAL COMO LO CONS
 TITUYEN LA HUMEDAD Y LAS IMPUREZAS DE LA ATMOSFERA QUE CONTIENEN - -
 IONES, SE CREA UN FLUJO DE CORRIENTE ELECTRICA ENTRE EL ANODO Y EL -
 CATORO A TRAVES DEL CUERPO DEL METAL, Y DE REGRESO, EL CIRCUITO, EL
 CIRCUITO SE COMPLETA A TRAVES DEL ELECTROLITO. COMO RESULTADO SE -
 TIENE LA RAPIDA FORMACION DE HOYOS Y PICADURAS CUBIERTAS DE ORIN U -
 OXIDO EN LOS ANODOS Y POSTERIORMENTE LA DESINTEGRACION TOTAL DE LA -
 SUPERFICIE. FIG. 1



MOSTRAREMOS AQUI OTRO TIPO DE CORROSION: EN ESTE CASO, LA CORROSION
 SE PRODUCE POR EL CONTACTO DE DOS METALES DIFERENTES. LA TENDENCIA
 ES SIEMPRE QUE EL METAL MAS ACTIVO SE CORROA ANTES QUE EL MISMO ACTIVO
 ESTA REACCION PUEDE PRESENTARSE INDESEABLEMENTE Y PRODUCIR UNA SEVE-
 RA CORROSION, TAL COMO SE MUESTRA EN LA FALLA PREMATURA DEL RESCUE-
 DE LA FIG. 2, O BIEN ESTE FENOMENO PUEDE SER USADO DELIBERADAMENTE -
 PARA QUITAR LA CORROSION COMO EN EL CASO DE PROTECCION CATORICA, EN
 EL QUE SE EMPLEAN "ANODOS DE SACRIFICIO" O UTILIZANDO ALGUN RECUBRI-
 MIENTO PROTECTOR FORMULADO ESPECIALMENTE PARA APROVECHAR ESTE FENOME
 NO.



LAS PERSONAS QUE TENGAN POCOS CONOCIMIENTOS DE LA TECNOLOGIA DE LA CORROSION, PUEDEN DECIR QUE UNA DE LAS MANERAS DE PREVENIR LA FORMACION DE "OXIDO", SERIA EVITANDO EL CONTACTO DEL OXIGENO CON LA SUPERFICIE METALICA. SIN EMBARGO, TAL COMO SE MUESTRA EN EL ESQUEMA ADJUNTO, LA CORROSION PUEDE SER PROVOCADA POR LA CREACION DE UNA "HENDIDURA CARENTE DE OXIGENO". EN TALEs CONDICIONES, EL AREA EXPOSTA CON LIBRE ACCESO AL OXIGENO TIENDE VOLVERSE CATORICO CUYO LO CUAL FUERZA AL AREA CARENTE DE OXIGENO QUE ACTUA COMO ANODO Y SE CORROIA SEVERAMENTE. SIN EMBARGO, CON UN CONOCIMIENTO COMPLETO DE TODOS LOS MECANISMOS DE LA CORROSION Y DE LAS DIVERSAS FORMULAS DE RECUBRIMIENTO QUE HAN SIDO DESARROLLADAS PARA COMBATIRLOS, EL ESPECIALISTA EN CONTROL DE CORROSION PUEDE RECOMENDAR EL RECUBRIMIENTO (PINTURA) O EL SISTEMA DE RECUBRIMIENTOS QUE PROPORCIONE LA PROTECCION MAS ECONOMICA Y EFECTIVA, PARA CUALQUIER TIPO ESPECIFICO DE SERVICIO.



PREPARACION DE SUPERFICIAS:

PARA OBTENER EL MAXIMO BENEFICIO DE CUALQUIER SISTEMA DE RECUBRIMIENTO PROTECTOR, ES DESABLE QUE SE APLIQUE SOBRE UNA SUPERFICIE DEBIDAMENTE PREPARADA.

A).- ACERO:

- 1.- LIMPIEZA POR SOPLETADO CON CHORRO DE ARENA (SANDBLASTING).
- A.- INTRODUCCION
- 3.- NORMAS DE SOPLETADO: 1.- SOPLETADO A DISTANCIA DE 11.- SOPLETE.

C.- ABRASIVOS PARA SOPLETEADO.

1. ARENA
11. GRAVILLA DE ACERO
111. MUNICION DE FIERRO O ACERO.

D.- ABASTECIMIENTO DE AIRE.

E.- EQUIPO

1. MANGUERA PARA SOPLETEADO CON ARENA.
11. BOQUILLAS.
111. DEPOSITO DE ARENA.

F.- EQUIPOS DE SOPLETEADO.

2.- LIMPIEZA POR MEDIOS QUIMICOS (BAÑO ACIDO).

A.- INTRODUCCION.

B.- PROCEDIMIENTO.

3.- LIMPIEZA POR FLAMA.

4.- LIMPIEZA CON HERRAMIENTAS DE FUERZA (ELECTRICAS O NEUMATICAS)

5.- LIMPIEZA CON HERRAMIENTAS MANUALES.

3).- OTROS METALES:

1.- HIERRO VACIADO.

2.- ZINC

3.- COBRE Y LATON.

4.- ALUMINIO.

C).- CONCRETO

- 1.- SUPERFICIES COLADAS.
- 2.- SUPERFICIES A LLANA .
- 3.- CONCRETO ROCIADO (GUNITO)

D).- OTRAS SUPERFICIES

- 1.- ESTUCCO O YESO
- 2.- MADERA TERCIAADA (TRIPLAY) .
- 3.- SUPERFICIES PINTADAS.

PREPARACION DE SUPERFICIES:

UNO DE LOS MAS IMPORTANTES PASOS PARA LOGRAR UN BUEN TRABAJO DE RECUBRIMIENTO ES LA ADECUADA PREPARACION DE LA SUPERFICIE. COMO EL VIEJO CUENTO DEL "ESLACION MAS DEBIL" O DE QUE LA "HEBIA SE REVIENTA POR LO MAS DELGADO", EL REVESTIMIENTO NO PODRA ADHERIRSE FIRMEENTE A LA SUPERFICIE SI HAY ALGO BAJO LA CAPA DE PINTURA QUE NO ESTE FIRMEENTE LIGADO A LA SUPERFICIE POR PINTAR, LA SUCIEDAD, POLVO, HERRUMBRE, ESCORIA O ESCAMAS DE LAMINACION, ACEITE, HULEDAD O CUALQUIER OTRO MATERIAL SUELTO O PLOJO, CONSTITUYEN UNA MALA BASE Y ORIGINAN PERDIDA DE ADHESION. ALGUNAS IMPUREZAS, TALES COMO AGUA Y ACEITE, PUEDEN EVITAR LA ADHESION AUN CUANDO SE HALLEN PRESENTES EN CANTIDADES TAN PEQUEÑAS COMO PARA SER INVISIBLES. APARTE DE ESTORBAR LA ADHESION, ALGUNAS IMPUREZAS TALES COMO EL OXIDO, LA ESCORIA O LA SUCIEDAD CONTRIBUYEN A LA RUPTURA DE LA PELICULA PORQUE ATRAHEN AGUA A TRAVES DE LA MISMA, OCASIONANDO AMPOLLAMIENTO Y CORROSION DEL METAL BAJO LA PELICULA.

LA PREPARACION APROPIADA DE LA SUPERFICIE ES DE IMPORTANCIA VITAL PARA OBTENER LOS MEJORES RESULTADOS.

A).- ACERO:

EL ACERO ES EL MATERIAL ESTRUCTURAL MAS AMPLIAMENTE USADO, Y ES LA SUPERFICIE QUE SE ENCUENTRA CON MAYOR FRECUENCIA EN LOS TRABAJOS DE CONSERVACION Y MANTENIMIENTO. EL PRINCIPAL PROBLEMA ES LA PREPARACION DE SUPERFICIES DE ACERO PARA LA APLICACION DE RECUBRIMIENTOS - LO CONSTITUYE LA ESCORIA DE LAMINACION, ESCAMAS Y EL ORIN QUE ES - PRECISO QUITAR.

LA ESCORIA (LLAMADA A VECES ESCORIA DE LAMINACION O ESCAMAS AZULES) CON UNA CAPA DE COLOR AZUL-NEGRO, QUE SE FORMA SOBRE LAS LAMINAS DE ACERO DURANTE EL PROCESO DE FABRICACION. A MENUDO SE ADHIEREN FIRMEMENTE AL ACERO NUEVO, PERO, POR LO GENERAL, SE AFLOJA CON EL TIEMPO, DEBIDO A LA DIFERENCIA ENTRE LOS COEFICIENTES DE DILATACION. SI SE APLICA UN REVESTIMIENTO, SOBRE LA ESCORIA, SE DESPRENDERIA TAMBIEN CUANDO SE AFLOJE Y SE DESPRENDA LA ESCORIA. COMO LAS ESCAMAS OCUPAN UN LUGAR MAS BAJO EN LA SERIE GALVANICA, ACELERAN TAMBIEN LA CORROSION DEL ACERO, RAZON POR LA CUAL DEBEN ELIMINARSE COMPLETAMENTE, - SI SE QUIEREN OBTENER LOS MEJORES RESULTADOS.

EL ORIN ES UNA COSA FAMILIAR PARA TODO AQUEL QUE HA OBSERVADO UNA - PIEZA DE HIERRO O ACERO NO PROTEGIDA Y EXPUESTA A LA INTERPERIE. SU COLOR VARIA DESDE EL ROJO SUBIDO HASTA EL CAFE OSCURO, Y PUEDE SER SUELTO Y EN FORMA DE POLVO, O DURO Y QUEBRADIZO. PERO, EN CUAL- - QUIER CASO, ES UNA MALA BASE Y CONTRIBUYE A LA ROTURA DEL REVESTI- - MIENTO QUE SE APLICA SOBRE EL, Y FAVORECE LA CORROSION ULTERIOR. - PARA LOGRAR LOS MEJORES RESULTADOS, DEBE ELIMINARSE COMPLETAMENTE.

LOS METODOS QUE SE USAN MAS AMPLIAMENTE EN LA INDUSTRIA PARA QUITAR LAS ESCAMAS Y EL ORIN, SON: EL SOPLETEADO CON ABRASIVOS, EL BAÑO - ACIDO Y LA LIMPIEZA CON HERCULINETS MECANICAS O MANUALES.

1.- LIMPIEZA POR SOPLETEADO (CHORRO DE ARENA "SANDBLASTING")

A).- INTRODUCCION.

LA LIMPIEZA POR SOPLETEADO ES EL MEJOR METODO PARA -

LIMPIAR SUPERFICIES DE ACERO, POR SU EFICACIA PARA -
QUITAR LAS ESCAMAS Y EL ORIN, Y TAMBIEN PORQUE DEJA UNA
SUPERFICIE ASPERA QUE CONTRIBUYE A LA MAYOR ADHERENCIA-
DEL REVESTIMIENTO

LA LIMPIEZA IDEAL ES POR SOPLETEADO, YA QUE COMPLETAMENTE LE -
AUITA AL ACERO TODO EL ORIN Y LAS ESCAMAS, Y DEJA UNA SUPERFI-
CIE DE COLOR GRIS UNIFORME, SIN MANCHAS NEGRAS, MANCHAS DE OXI-
DO O SOMBRAS. SIN EMBARGO EN LA PRACTICA, EL GRADO DE LIMPIE-
ZA POR SOPLETEADO DE LA SUPERFICIE VARIA CONSIDERABLEMENTE, Y
DEPENDI DE LA RAPIDEZ DE LA LIMPIEZA, CANTIDAD DE AIRE Y TIPO-
DE ABRASIVO.

B).- NORMAS DE SOPLETEADO

PARA OBTENER LOS RESULTADOS DESEADOS, ES INDISPENSABLE-
PONERSE DE ACUERDO CON EL CONTRATISTA RESPECTO DE LA CA-
LIDAD DE LA SUPERFICIE QUE SE REQUIERE. PARA FACILITAR
ESTE ENTENDIMIENTO, EL STEEL STRUCTURES PAINTING COUNCIL
HA FIJADO LAS SIGUIENTES NORMAS, PARA DIFERENTES NIVELES
O GRADOS DE LIMPIEZA POR SOPLETEADO:

1.- SOPLETEADO A METAL "BLANCO"

SE QUITA TODA TRAZA DE ORIN, ESCAMAS, PINTURA VIEJA O -
CUALQUIER OTRA MATERIA EXTRAÑA, HASTA OBTENER UN ACADA-
DO GRIS CLARO UNIFORME.

II.- LIMPIEZA COMERCIAL

SE QUITA TODO ORIN, ESCORIA DE LAMINACION Y CUALQUIER -
OTRA MATERIA EXTRAÑA, PERO NO TODA LA BASE INCRUSTADA Y
ESCAMA DE LAMINACION. DESPUES DE TERMINADO EL SOPLETEA-
DO CON FRECUENCIA APARECEN EN LA SUPERFICIE RAYAS O ES-
TERIAS OSCURAS.

III.- LIMPIEZA A "RAPAGA"

SE QUITAN TODAS LAS IMPUREZZAS SUELTAS O FLOJAS (ESCORIA

OXIDO) PERO NO LAS ESCALAS DE LAMINACION Y EL OXIDO FIERRE -
MENTE ADHERIDOS.

INDEPENDIEMENTE DE LAS NORMAS DE SOPLETEADO ESPECIFICAA--
DAS, SE SIGUE EL MISMO PROCEDIMIENTO Y SE USA EL MISMO EQUI-
PO.

EL EQUIPO DE SOPLETEADO INCLUYE EL ABRASIVO, QUE PUEDE SER ARENA, -
GRAVILLA O MUNICION, AIRE COMPRIMIDO, MANGUERAS, BOQUILLAS Y DEPOSI-
TOS. EL ABRASIVO SE CARGA EN EL DEPOSITO, QUE ES UN TANQUE CERRADO--
DE 200 A 400 LITROS DE CAPACIDAD, Y SE ALIMENTA AIRE A ALTA PRESION--
EN UNA CAMARA MEZCLADORA QUE SE HALLA EN EL FONDO. EL AIRE TOMA UNA
CANTIDAD DETERMINADA DE ABRASIVO Y LO ARRASTRA A GRAN VELOCIDAD POR
MANGUERA UNIDA A LA BOQUILLA SOPLETEADORA. LA BOQUILLA DIRIGE LA CO-
RRIENTE DE AIRE CARGADO DE ABRASIVO SOBRE LA SUPERFICIE.

C).- ABRASIVO PARA SOPLETEADO:

LOS DIVERSOS TIPOS DE ABRASIVOS QUE SE USAN SE COMPORAN DE
MANERA DIFERENTE Y PRODUCEN ACABADOS DIFERENTES Y CARACTERIS-
TICAS. EL DISEÑO O PERFIL, RESULTANTE DEL SOPLETEADO, ES -
EXTREMADAMENTE IMPORTANTE POR EL EFECTO QUE TIENE SOBRE EL
REVESTIMIENTO. SI LA SUPERFICIE ES DEMASIADO TERSA O PULI-
DA, NO HABRA EL SUFICIENTE "ANCLAJE" PARA EL REVESTIMIENTO.
POR OTRA PARTE, SI LA SUPERFICIE ES DEMASIADO ASPERA, PUEDEN
RESALTAR PUNTOS AGUDOS DEL METAL SOBRE EL RECUBRIMIENTO Y -
QUEDAR SIN PROTECCION.

A CONTINUACION DAMOS UNA LISTA DE LOS ABRASIVOS QUE SE USAN
CON MAYOR FRECUENCIA, CON SUS CARACTERISTICAS.

1.- A VECES SE USA ABRASIVO DE ACERO, (GRAVILLA) EN LUGAR-
DE ARENA.

CONSISTE DICHO ABRASIVO EN FRAGMENTOS ANGULARES, DURES CON
BORDES CORPANTES, DE ACERO O DE HIERRO VACIADO. ESTE ABRAS-
IVO TIENE ALGUNAS VENTAJAS SOBRE LA ARENA; PRODUCE MENOS -
POLVO, CORRE MAS RAPIDAMENTE Y PUEDE RECUPERARSE PARA USO -

POSTERIOR. SU DESVENTAJA EN SU MAYOR COSTO Y QUE TIENDE A DEJAR DEMASIADO ASPERA LA SUPERFICIE. EL ABRASIVO GRIOSO - CORTAHA PROFUNDAMENTE LA SUPERFICIE, DEJANDO PUNTOS SALIENTES DEL METAL. AL APLICARSE EL REVESTIMIENTO, ESTE TIENDE A ESCURRIRSE DE ESTAS PUNTAS, DEJANDOLAS AL DESCUBIERTO, - POR LO QUE SE REQUIEREN VARIAS MANOS EXTRA PARA OBTENER UNA PELICULA SATISFACTORIA SOBRE UNA SUPERFICIE SELEJANTE. POR OTRA PARTE, ESTE ABRASIVO DE ACERO, SI SE USA LARGO TIEMPO- EN CONDICIONES DE HUMEDAD, PUEDE LLEGAR A OXIDARSE. EN TA- LES CONDICIONES, EN LUGAR DE LIMPIAR LA SUPERFICIE SOPLESA- DA, LA CONTAMINARA.

11.- LA MUNICION DE ACERO O DE HIERRO.

PUEDE USARSE TAMBIEN COMO ABRASIVO, PERO EL SOPLEADO CON MUNICION ES RELATIVAMENTE POCO EFICAZ, PORQUE LAS PARTICULAS SON REDONDAS, Y TIENDEN A MARTILLEAR LA MATERIA EXTRAHA EN LA SUPERFICIE, SIN QUITARLA. EL SOPLEADO CON ARENA O CON ABRASIVO DE ACERO PRODUCEN POR LO GENERAL UNA MEJOR SUPERFICIE PARA LA APLICACION DE REVESTIMIENTOS PROTECTORES.

SEGUN EL STEEL STRUCTURES COUNCIL, LAS PROFUNDIDADES MAXI- MAS DEL PERFIL LOGRADO CON DIVERSOS TIPOS DE ABRASIVOS SON LAS SIGUIENTES.

2.- LIMPIEZA POR MEDIOS QUIMICOS.

A).- INTRODUCCION:

LA LIMPIEZA POR MEDIO QUIMICOS SE USA FRECUENTEMENTE PARA - LIMPIAR OBJETOS QUE SON DE TAMAÑO ADECUADO PARA SER SUMERGI- DOS EN UN TANQUE DE SOLUCION ACIDA, Y SE PREFIERE AL SOPLE- TADO CON ARENA, PORQUE SE REQUIERE MENOS TRABAJO Y NO SE PRODUC- E POLVO. LA LIMPIEZA POR ACIDOS ACTUA EN DOS FORMAS DIFE- RENTES. EN UN PRINCIPIO, EL ACIDO SIRVE TANTO PARA DISOLVER LAS ESCAMAS COMO EL OXIDO. SIN EMBARGO, LAS ESCAMAS DE LAMI

NACION NO SON UN MATERIAL HOMOGENEO, SINO QUE CONSISTEN EN VARIAS CAPAS QUIMICAMENTE DIFERENTES, CADA UNA DE LAS CUALES REACCIONA A DIFERENTE VELOCIDAD CON EL ACIDO SULFURICO-- LA CAPA EXTERIOR NO SE DISUELVE FACILMENTE EN EL ACIDO, MIENTRAS QUE LAS MAS INTERNAS REACCIONES VIVAMENTE. GRACIAS A ROTURAS O GRIETAS DE LA CAPA O COSTRAS SUPERFICIAL DE LA ESCALA, EL ACIDO PENETRA HASTA EL FONDO, EN DONDE REACCIONA CON LAS CAPAS INTERIORES CON EL CONSIGUIENTE DESPRENDIMIENTO DE HIDROGENO. ESTE OREA UNA PRESION SOBRE LAS CAPAS CONTIGUAS, LLEGANDO HASTA HACER QUE ESTALLEN O SE DESPRENDAN. POR CONSIGUIENTE, ADEMAS DE LA DISOLUCION DE LAS ESCALAS, ESTAS TAMBIEN SON FORZADAS A DESPRENDERSE DE LA SUPERFICIE DE ACERO.

EL ACERO, LIMPIO DE ESCALAS Y DE ORIN, TIENDE A OXIDARSE RAPIDAMENTE. PARA EVITAR ESTO, Y A FIN DE PREPARAR LA SUPERFICIE PARA LA APLICACION DE REVESTIEMIENTOS, CON FRECUENCIA SE INCLUYE EN ESTE PROCEDIMIENTO UN BAÑO DE ACIDO FOSFORICO. EL ACIDO FOSFORICO REACCIONA CON EL ACERO Y FORMA UNA PELICULA DE FOSFATO DE HIERRO. ESTE PRODUCTO ACTUA COMO UN INHIBIDOR DE LA OXIDACION Y CONSTITUYE UNA BUENA BASE PARA LA PINTURA.

b).- PROCEDIMIENTO:

UN PROCEDIMIENTO TIPICO DE LIMPIADO POR MEDIOS QUIMICOS COMPRENDE LOS SIGUIENTES PASOS:

- 1.- DESENGRARSE CON UN DISOLVENTE COMO EL XILOL. SI HAY DEPOSITOS DE GRASA O ACEITE SOBRE LA SUPERFICIE DEL METAL IMPEDIRAN QUE EL ACIDO MOJE Y DISUELVA LAS ESCALAS Y EL ORIN.
- 2.- SUMERJASE EL OBJETO EN ACIDO CALIENTE HASTA QUE SE DISUELVAN TODAS LAS ESCALAS Y EL OXIDO. UN BAÑO APROPIA

DO ES UNA SOLUCION DE ACIDO SULFURICO AL 10%, Y A UNA TEMPERATURA DE 80° C.

3.- ENJUAGUESE EL OBJETO CON AGUA CALIENTE.

4.- SUMERGASE EL OBJETO EN UNA SOLUCION DE ACIDO FOSFORICO AL 5% Y A 80° C., PARA DISMINUIR LA RAPIDEZ DEL ENCHONCAMIENTO.

5.- ENJUAGUESE CON AGUA CALIENTE Y SEQUESE.

PARA OBTENER LOS MEJORES RESULTADOS CON LA PINTURA, SERIA CONVENIENTE APLICARLA ANTES DE QUE EL ACERO COMIENCE A OXIDARSE, DE PREFERENCIA TAN PRONTO COMO ESTE SECO. EN CONDICIONES NORMALES, EL ACERO NO DEBERIA PERMANECER SIN PINTAR MAS DE CUATRO HORAS.

ESTE PROCEDIMIENTO HA DADO RESULTADOS SATISFACTORIOS EN ALGUNOS CASOS; SIN EMBARGO, NO ES ENTERAMENTE SEGURO, DEBIDO A QUE LAS SOLUCIONES ACIDAS PUEDEN CONTAMINARSE. SI NO SE TIENE CUIDADO LA CONTAMINACION SE ACUMULARA EN LA SUPERFICIE DE LOS LIQUIDOS Y SE DEPOSITARA SOBRE EL ACERO AL SACARLO DEL BAÑO. POR CONSIGUIENTE, SI LA ADHERENCIA DE LA PINTURA DEBE SER RIGUROSA Y LA EXPOSICION MUY SEVERA (INMERSION CONTINUA) NO DEBE CONSIDERARSE EL BAÑO ACIDO COMO EL METODO PREFERIDO PARA LA PREPARACION DE SUPERFICIES, EN TALCS CASOS, SE RECOMIENDA MEJOR EL SOPLISTADO CON ARENA.

3.- LIMPIEZA CON HERRAMIENTAS DE FUERZA (ELECTRICAS O MECANICAS)

LA HERRAMIENTA DE FUERZA PERTENECE, GENERALMENTE, A CUALQUIERA DE ESTAS CLASES:

1.- CEPILLOS ROTATORIOS DE ACERO,

2.- ESMERILES, LIJADORAS,

3.- HERRAMIENTAS DE IMPACTO.

DE ELLOS, LOS CEPILLOS DE ALAMBRE SON LOS MAS USADOS, IMPULSADOS POR ENERGIA ELECTRICA O AIRE COMPRESIDO, LAS HERRAMIENTAS DE ESTA CLASE FUNCIONAN MEDIANTE UN DISCO GIRATORIO DE JUNAS CORDAS DE ALAMBRE APLICADO A LA SUPERFICIE DEL METAL, SU ACCION DESPRENDE Y DESGASTA ALGUNAS ESCALAS, PERO NO PUEDE EFICAZ PARA ESCALAS FIRMEMENTE ADHERIDAS. HAY TAMBIEN LA TENDENCIA A PULIR LA SUPERFICIE DEL METAL, POR LO QUE LA PINTURA NO TIENE LA ADHERENCIA DESEABLE.

PRIMARIOS PARA MANTENIMIENTO:

A).- EL PROPOSITO DE LOS PRIMARIOS:

1.- LOS PRIMARIOS TIENEN POR OBJETO PROPORCIONAR ADHERENCIA A LOS MANOS DE ACABADO E INHIBIR LA CORROSION.

B).- LOS REQUISITOS DE UN PRIMARIO:

1.- BUENA ADHERENCIA A LA SUPERFICIE.

2.- BUENA ADHERENCIA DE LOS ACABADOS AL PRIMARIO.

3.- QUE INHIBA LA CORROSION.

4.- QUE MOJE LA SUPERFICIE.

5.- RESISTENCIA AL DESPRENDIMIENTO POR ACCION DE CAUSTICOS

6.- FACILIDAD DE APLICACION.

7.- SECADO RAPIDO.

8.- RESISTENCIA A LA CORROSION

c).- VENTAJAS Y LIMITACIONES DE LOS PRIMARIOS:

1.- PRIMARIOS ALQUIDALICOS (CONVENCIONALES).

A).- BUENAS ADHERENCIAS.

B).- PELICULA GRUESA

C).- BUENA RESISTENCIA A LA INTERPERIE

D).- BUENA TOLERANCIA A LAS IMPUREZAS DE LA SUPERFICIE.

E).- FACILIDAD DE APLICACION.

F).- ECONOMICO

G).- BUENA HUMECTACION

H).- PUEDE APLICARSE SOBRE OTRAS PINTURAS.

LIMITACIONES:

A).- SE REMIENDECE CON LOS SOLVENTES DE ALGUNOS ACABADOS.

B).- REGULAR RESISTENCIA QUIMICA, ESPECIALMENTE A LOS CAUSTICOS.

C).- NO RESISTE A LOS PRODUCTOS DE LA CORROSION.

D).- EL TIEMPO DE SECADO GENERALMENTE ES CRITICO.

E).- NO PUEDE SER APLICADO SOBRE CONCRETO, GALVANIZADO O INORGANICOS DE ZINC.

2.- PRIMARIOS DE ALTOS POLIMEROS:

VENTAJAS

- A).- EXCELENTE RESISTENCIA QUIMICA Y AL INTERRUPTE.
- B).- SOPORTA LOS SOLVENTES FUERTES DE LOS ACABADOS.
- C).- EXCELENTE RESISTENCIA AL AGUA; PUEDEN USARSE EN SERVICIO DE INMERSION EN SISTEMAS ESPECIFICOS.
- D).- RESISTEN EL DESPRENDIMIENTO DEBIDO A LOS CRUSTICOS.
- E).- MUCHO MAS IMPERMEABLE QUE LOS PRIMARIOS ALQUIDALICOS.
- F).- PUEDEN APLICARSE SOBRE CONCRETO, ACERO GALVANIZADO Y RECOBRIMIENTOS INORGANICOS DE ZINC.

LIMITACIONES:

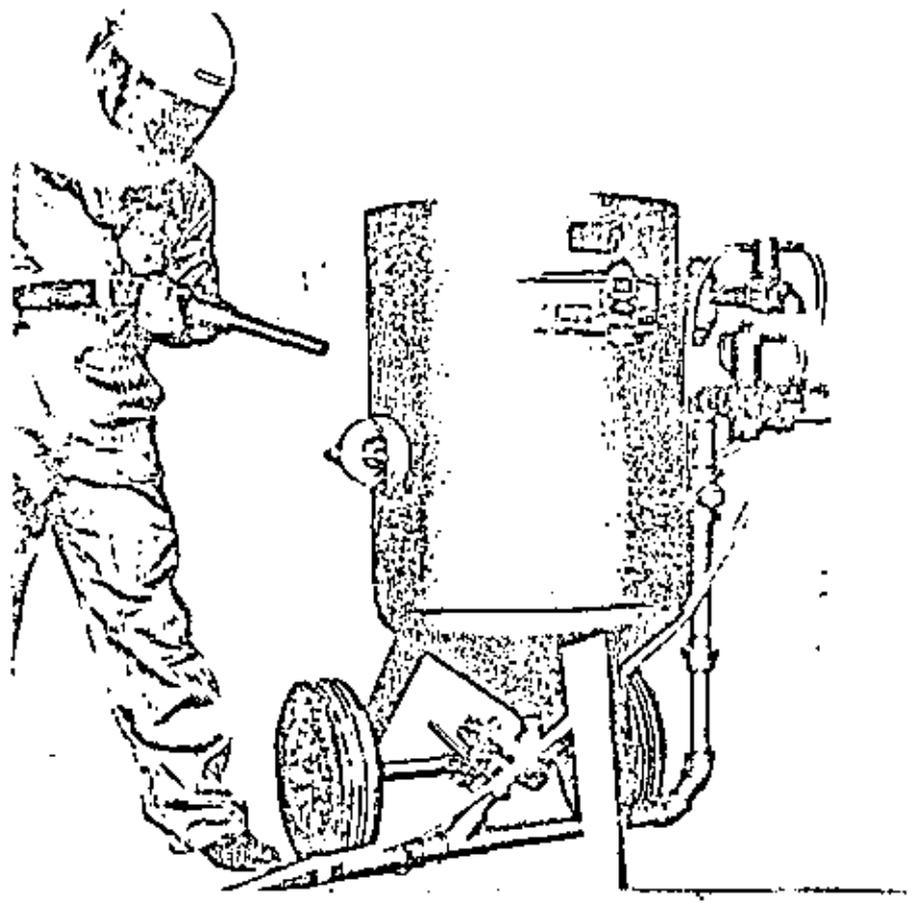
- A).- GENERALMENTE DAN PELICULAS DELGADAS.
- B).- REQUIEREN PREPARACION ESPECIAL DE LA SUPERFICIE PARA MAXIMA ADHERENCIA.
- C).- SE NECESITA EFECTUAR UNA APLICACION CUIDADOSA.
- D).- RELATIVAMENTE MAS ALTO COSTO QUE LOS PRIMARIOS CONVENCIONALES.

RECOBRIMIENTOS VINILICOS:

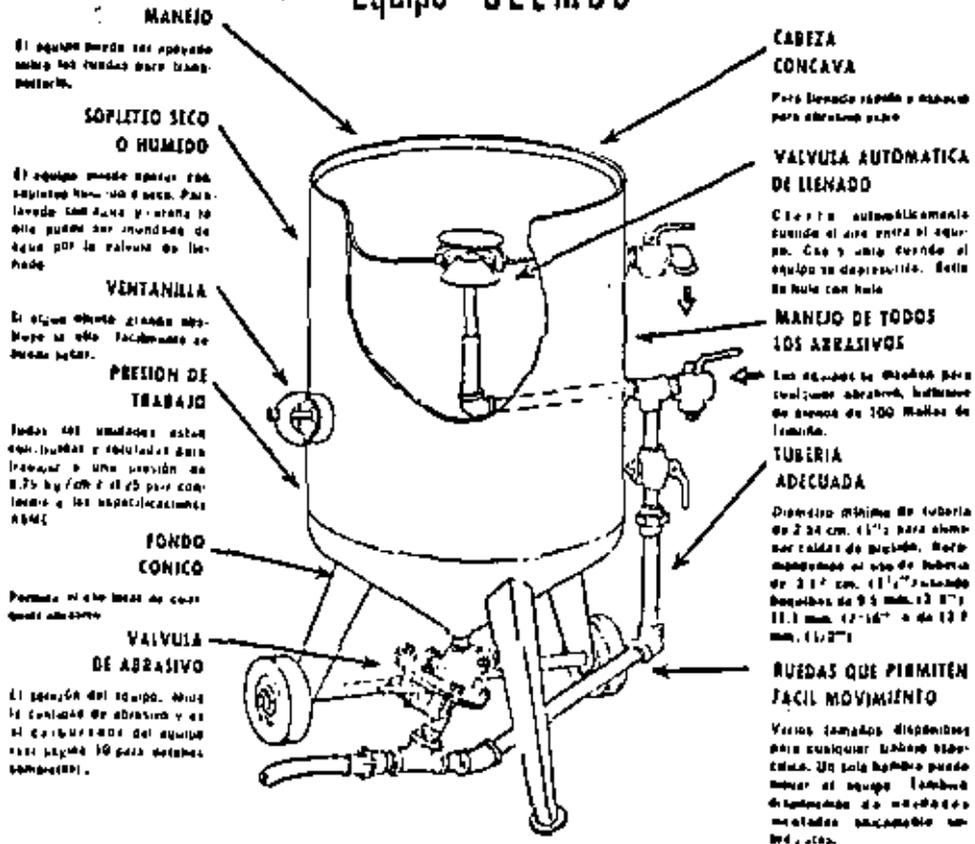
EXISTEN EN LA ACTUALIDAD GRAN VARIEDAD DE FORMULACIONES DE RECOBRIMIENTOS VINILICOS, ADIDAS DE RECOBRIMIENTOS ESPECIFICOS DE GRAN RESISTENCIA Y MACIZOS, QUE PERMITEN APLICACIONES DE PELICULAS GRUESAS CON UN NUMERO MINIMO DE CAPAS.

ESTOS RECURRIMIENTOS VINILICOS SON ALTAMENTE RESISTENTES A LA PENETRACION DE LA HUMEDAD O A LOS ATAQUES POR ACIDOS, ALKALIS Y SALES, SON DE EVAPORACION RAPIDA DE LOS DISOLVENTES Y SECADO EXTREMADAMENTE RAPIDO DE MINIMA PERDIDA DE TIEMPO POR PAROS.

- POSEEN LA RESISTENCIA QUIMICA Y DUREZA DEL CLORURO DE POLIVINILO AJUNADA A LA RESISTENCIA EXCEPCIONAL A LA INTERPERIE Y LA RETENCION DE BRILLO DE LAS RESINAS ACRILICAS.
- EXCELENTE RESISTENCIA A LA ABRASION Y AL IMPACTO.
- SECA RAPIDAMENTE HASTA SU MAXIMA DUREZA.
- ACABADO SEMIBRILLANTE.
- COTAROS AMPLIA GAMA.
- MODO DE APLICACION CON PISTOLA CONVENCIONAL.



Características de un Típico Equipo GLEMCO





centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



PLANEACION, DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PRESAS

RECUBRIMIENTOS ANTICORROSIVOS Y CODIGO DE COLORES DE LA S. A. R. H.

ING. JORGE SORIANO RAMOS

FEBRERO, 1980.

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTROMECHANICA.

D.I.E.2.- ESPECIFICACIONES GENERALES DE RECUBRIMIENTOS ANTICORROSIVOS PARA COMPUERTAS RADIALES Y DESLIZANTES DE ACERO ESTRUCTURAL.

I.- GENERALIDADES.-

Estas especificaciones se refieren a los requisitos que deben cumplir los recubrimientos anticorrosivos, para la protección de las compuertas radiales y deslizantes de acero estructural, instaladas y por instalar, en las diferentes obras de esta Secretaría en la República Mexicana, con excepción de la zona comprendida en las especificaciones D.I.E.1.- Se incluyen también las especificaciones de la limpieza y preparación de superficie, características de los materiales empleados e inspección de los recubrimientos.

- I.1.- Terminología.- El término "Recubrimientos Anticorrosivos" se refiere a todas las pinturas y productos que se usan, para prevenir la corrosión de compuertas radiales y deslizantes de acero estructural.
- I.2.- Denominaciones.- Los recubrimientos anticorrosivos se denominarán en general: primarios, acabados y especiales. Llevarán en particular el nombre específico relativo a su composición como: minio alquidílico, zinc inorgánico, etc.

II.- CONDICIONES DE EXPOSICION.

Por condiciones de exposición se entiende el medio ambiente y composición de las aguas a que estén expuestas las compuertas y accesorios que se desea proteger y las que deberán tomarse en cuenta para la se

lección de los recubrimientos. A continuación se mencionan los ambientes y exposiciones más comunes en las instalaciones de la Secretaría.

- II.1.- Seco (altiplano) y lluvias de temporal, aguas potables (blandas) y aguas salinas (duras).
- II.2.- Húmedo (tropical) salino y brisas, aguas potables (blandas) y aguas salinas (duras).
- II.3.- Aguas negras.

III.- LIMPIEZA DE LAS SUPERFICIES POR PROTEGER.

La limpieza de las superficies que se pretenda proteger, deberá estar de acuerdo con las normas de la "Steel Structures Painting Council" (SSPC-510), "limpieza con chorro de arena a metal blanco". Previamente deberán eliminarse gotas de soldadura, adherencias metálicas que se hayan utilizado para el armado y, se rematarán filos y salientes.

La arena que se debe utilizar para la limpieza será sílica o cuarzosa, mallas 40 - 80, es decir, que sea retenida totalmente por la malla 80 y que pase totalmente en la malla 40.

IV.- SISTEMAS.

Los sistemas de recubrimientos anticorrosivos que deberán emplearse, de acuerdo con las condiciones de trabajo y medio ambiente, que se citan en los capítulos II de estas especificaciones, serán los siguientes:

- IV.1.- Medio ambiente seco y lluvias de temporal. (II.1.)
Aguas potables o salinas.
Primario.- 100% inorgánico de silicato de zinc, tipo

autocurante, multiresinoso, para usarse con recubrimientos vinílicos en condiciones severas de mantenimiento o inmersión.

Acabado.- Recubrimiento de resinas vinílicas de alto contenido de sólidos.

IV.2.- Medio ambiente húmedo (tropical), salino y brisas. (II.2.)
Aguas potables o salinas.

Recubrimiento vinílico de 3 componentes: primario, intermedio y acabado.

IV.3.- Instalaciones para aguas negras. (II.3.)

Primario.- 100% inorgánico de silicato de zinc, autocurante.

Acabado.- Recubrimiento de cloruro de polivinilo de altos sólidos.

V.- CARACTERISTICAS.-

V.1.- Primario.- 100% inorgánico de zinc autocurante. Se refiere a un primario 100% inorgánico de silicato de zinc, cuyo curado o insolubilidad se obtiene por sí mismo. Tiene una excepcional resistencia a la abrasión, un alto contenido de sólidos, de fácil aplicación; una sola capa proporciona máxima protección contra la intemperie, abrasión, disolventes, etc, es de base acuosa, no usa disolventes, no es inflamable ni explosivo.

1.- Espesor.- El espesor total seco que deberá dar en una sola capa es de 75 micras. (3 mils.)

2.- Contenido de Sólidos.- Este primario está constituido por un volumen total de sólidos, de acuerdo con su rendimiento de 24 m² por litro y por milésima de pulgada de espesor de película seca.

- 3.- Tiempo de secado.- Insoluble en agua después de 30 minutos, puede recubrirse cuando el color se haya tornado a gris oscuro y se haya endurecido.
- 4.- Aplicación.- Este primario deberá aplicarse con pistola de aire y para resanarse deberá lijarse el área por reparar.

Una vez preparado el recubrimiento para su aplicación, deberá conservarse útil, listo para aplicarse en un máximo de 8 h. Se deben colocar en la sombra los recipientes antes de usarlos. El producto caliente puede gelar. Su resistencia a la temperatura es de 370°C.

Como las superficies limpiadas con "chorro de arena" se oxidan rápidamente, el primario deberá aplicarse lo más pronto posible, máximo 4 - 6 horas después de sopleteado.

En condiciones ambientales no adecuadas para el producto, no se deberá proceder a la limpieza de la superficie hasta que dichas condiciones hayan desaparecido.

- V.2.- Acabados.- a).- Recubrimiento de resinas vinílicas de alto contenido de sólidos. Es un acabado que debidamente aplicado, es excepcionalmente resistente al agua; no lo afecta la inmersión continua en agua dulce o salada. Tiene gran resistencia a la abrasión y al raspado, de fácil aplicación, la película seca permanece no quebradiza y sigue fácilmente la dilatación y contracción de la superficie subyacente. El revestimiento no se rompe ni se afloja cuando se dobla, a 180° sobre un arco de pequeño radio (mandril de 6.3 mm de diámetro).

- 1.- Espesor.- El espesor total seco que deberán dar 3 manos sobre el primario, son 125 a 150 micras (5 - a 6 mils).
- 2.- Contenido de sólidos.- Este primario está constituido por un volumen total de sólidos, de acuerdo con su rendimiento que es de 24 m² por litro y por milésima de pulgada de espesor de película seca.
- 3.- Tiempo de secado.- Alcanza insolubilidad en agua - después de 4 h, transcurrido ese tiempo puede recubrirse. Su tiempo de secado al tacto es de 30 minutos.
- 4.- Aplicación.- Puede aplicarse igualmente con equipo de atomización común y corriente, o con brocha, déjense transcurrir por lo menos dos horas como tiempo de secado entre una y otra mano. Una vez preparado el recubrimiento para su aplicación, deberá -- conservarse útil, listo para aplicarse en un máximo de 6 h, se deben colocar en la sombra los recipientes antes de usarlos. Su resistencia a la temperatura es de 66°C.

b).- Recubrimiento vinílico de 3 componentes.- Esta especificación se refiere a un recubrimiento a base de resinas vínicas de 3 componentes, primario, intermedio y - acabado. Está compuesto de resinas y pigmentos inertes, es inodoro, insípido y completamente no tóxico, no lo -- afecta la inmersión continua en agua ni en soluciones de sal de cualquier concentración. La película seca, es sólamente dura y resistente a la abrasión. Su adherencia es excelente, no quebradizo y sigue la expansión o con - tracción de la superficie a la que está adherido. No experimenta fractura, ni pérdida de adherencia al doblarse a 180° sobre un arco de pequeño radio (mandril de 6.3 mm de diámetro).

- 1.- Espesor.- El espesor total seco, de los tres componentes de este recubrimiento, deberá estar entre 200 a 250 micras (8 a 10 mils).
- 2.- Contenido de sólidos.- El volumen total de sólidos de este recubrimiento, deberá estar de acuerdo con los rendimientos siguientes:
Primario: (una mano) 6 m^2 por litro por milésima de pulgada de espesor de película seca.
Intermedio: (dos manos) 2.5 m^2 por litro con tres milésimas de pulgada de espesor por mano.
Acabado: (dos manos) 5 m^2 por litro con 1.5 milésimas de pulgada de espesor por mano.
- 3.- Tiempo de secado.- Su tiempo de secado al tacto es de 30 a 45 minutos, alcanza insolubilidad en agua a las 4 horas como mínimo.
- 4.- Aplicación.- El recubrimiento deberá aplicarse -- dentro de las dos primeras horas de haberse preparado la superficie. En condiciones ambientales no adecuadas para el producto, no se deberá proceder a la limpieza de la superficie, hasta que dichas condiciones hayan desaparecido.
 Una vez preparado el recubrimiento para su aplicación, se conservará útil, listo para aplicarse de 4 a 8 h, ya que transcurrido ese tiempo se dificulta su aplicación por gelificación. Es conveniente colocar en la sombra los recipientes de recubrimiento ya preparado, para evitar este fenómeno.
 El procedimiento de aplicación de los tres componentes será: una mano de primario, una o dos de intermedio y de dos a cuatro de acabado, para tener el espesor seco total especificado.
 La mano de primario se aplicará con brocha, mojando perfectamente la superficie metálica hasta lograr una capa uniforme, lisa, sin porciones mal cubiertas y sin poros; las siguientes manos de inter-

medio y de acabado se aplicarán por aspersión o con equipo "sin aire".

c).- Recubrimiento de cloruro de polivinilo de altos sólidos.- Esta especificación, se refiere a un recubrimiento de acabado con alto contenido de sólidos, a base de resinas vinílicas y pigmentos de máxima resistencia a la intemperie, con notable durabilidad y firmeza de color. La película perfectamente seca, tiene excepcional resistencia a la abrasión y al rozamiento. Su adherencia a superficies metálicas es excelente, la película es altamente impermeable y no es afectada por largas exposiciones al agua dulce o salada. - se recomienda para plantas de tratamiento de aguas negras. - soporta calor seco hasta 82°C.

1.- Espesor.- El espesor seco de película deberá ser de 125 a 150 micras (5 a 6 mils), a una sola mano cruzada.

2.- Contenido de sólidos.- Este recubrimiento lo constituye un volumen total de sólidos de acuerdo con un rendimiento de 11 m² por litro por milésima de pulgada de espesor.

3.- Tiempo de secado.- Su secado al tacto a temperatura ambiente es aproximadamente de 30 minutos, alcanza a las 4 horas como mínimo, la dureza máxima.

4.- Aplicación.- El recubrimiento podrá aplicarse, tanto con equipo de atomización con pistola de aire, como con equipo "sin aire".

El recubrimiento deberá aplicarse dentro de las dos primeras horas de haberse preparado la superficie. No deberá efectuarse la limpieza de la superficie mientras las condiciones ambientales no sean las adecuadas.

Una vez preparado el recubrimiento para su aplicación,

se conservará útil, listo para aplicarse, aproximadamente 6 horas.

Deberán aplicarse dos manos, dejando transcurrir por lo menos dos horas como tiempo de secado entre una y otra mano.

VI.- INSPECCION Y PRUEBAS.

Los sistemas de recubrimiento detallados en estas especificaciones, estarán sujetos a una inspección rigurosa durante la ejecución y al terminarse ésta. Ningún sistema de recubrimiento podrá darse por aceptado hasta que todas las pruebas, análisis e inspección final correspondientes, hayan sido certificadas por el inspector designado por la Secretaría, o aceptado copias certificadas de informes extendidos por personas o laboratorios de prestigio, reconocidos y autorizados por la Secretaría, que indiquen los resultados satisfactorios de las pruebas, análisis o garantías del fabricante de los recubrimientos.

El fabricante deberá enviar a la Secretaría muestras suficientes de los productos que se pretendan emplear en los distintos sistemas de recubrimientos, para que ésta los envíe a su laboratorio para su ensaye y aprobación.

- VI.1.- Limpieza con chorro de arena.- El grado de limpieza "a metal blanco" que se cita en estas especificaciones, deberá tener el siguiente aspecto: la superficie deberá estar exenta de óxido, pintura, aceite, grasa y cualquier substancia extraña, y tener un color gris blanco metálico uniforme, sin manchas gris oscuro.

Para la aceptación de la superficie, se preparará una área de 1 m x 1 m, que servirá como patrón para compararla con el total de la superficie, utilizando para ello la lámpara comparadora de fijación.

VI.2.- Sistemas de recubrimiento.-

Para la aceptación de los diferentes sistemas de recubrimiento se efectuarán los siguientes pasos:

- 1.- Por medio de un medidor de tipo magnético (MIKRO-TEST), se comprobará que los espesores de recubrimiento son los especificados en cada caso.
- 2.- Se efectuará por medio de un detector de fallas -- (TINKER AND RASOR, MODELO M-1), la prueba de continuidad de película, es decir, se asegurará que no existan zonas con bajo espesor, raspaduras, poros, etc.
- 3.- Se comprobará la adherencia de la película del recubrimiento, haciendo pequeños cortes con navaja a un cm de distancia, el recubrimiento no deberá desprenderse al tirar de él.



DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTROMECHANICA

D.I.E.- 3.- ESPECIFICACIONES GENERALES DE RECUBRIMIENTOS ANTI-CORROSIVOS, PARA TUBERIAS DE PRESION Y SUS ACCESORIOS.

1.- GENERALIDADES.

Estas especificaciones se refieren, a los requisitos que deben cumplir los recubrimientos anticorrosivos para la protección de tuberías de presión y sus accesorios, instalados y por instalar, en las distintas obras y zonas de riego de la Secretaría, en la República Mexicana, incluyendo los de la limpieza y preparación de superficies, características de los materiales empleados e inspección de los recubrimientos.

I.1.- Terminología.

El término "Recubrimientos Anticorrosivos", se refiere a todas las pinturas y productos que se usan para prevenir la corrosión de recipientes, tuberías, conexiones y accesorios, por inhibición o aislamiento del medio.

I.2.- Denominaciones.

Los recubrimientos anticorrosivos se denominarán en general: primarios, acabados y especiales. Llevarán en particular el nombre específico relativo a su composición como: minio alquidílico, zinc inorgánico, etc.

II.- II.- CONDICIONES DE EXPOSICION.

Por condiciones de exposición se entiende, el medio ambiente y composición de las aguas a que estén expuestas las tuberías y accesorios que se deseen proteger y las que deberán tomarse en cuenta para la selección de los recubrimientos. A continuación se mencionan los ambientes y exposiciones más comunes en las instalaciones de la Secretaría.

- II.1.- Seco (altiplano) y lluvias temporales, aguas potables - (blandas) y aguas salinas (duras).
- II.2.- Húmedo (tropical) salino y brisas, aguas potables (blandas) y aguas salinas (duras).
- II.3.- Aguas Negras.

III.- LIMPIEZA DE LAS SUPERFICIES POR PROTEGER.

La limpieza de las superficies que se pretende proteger, deberá estar de acuerdo con las normas de la "Steel Structures Painting Council (SSPC-5-10), limpieza con chorro de arena a metal blanco". Previamente deberán eliminarse gotas de soldadura, adherencias metálicas que se hayan utilizado para el armado, y se rematarán filos y salientes. La arena que se debe utilizar para la limpieza será sílica o cuarzosa, mallas 40-80, es decir, que sea retenida totalmente por la malla 80 y que pase totalmente en la malla 40.

IV.- SISTEMAS.

Los sistemas de recubrimiento anticorrosivos que deberán emplearse de acuerdo con las condiciones de trabajo y medio ambiente, que se citan en el capítulo II de estas especificaciones, serán los siguientes:

- IV.1.- Medio ambiente seco y lluvias temporal, (II.1.).
 - IV.1.1.- Aguas Potables.
 - Protección exterior.- Primario.- 100% inorgánico de silicato de zinc, tipo autocurante.
 - Acabado.- Recubrimiento de resinas vinílicas de alto contenido de sólidos.
 - Protección interior.- Recubrimiento vinílico de tres componentes: Primario, intermedio y acabado.
 - IV.1.2.- Aguas Salinas.
 - Protección exterior.- Primario.- 100% inorgánico de silicato de zinc, tipo autocurante.
 - Acabado.- Recubrimiento vinílico de alto contenido de sólidos.

Protección interior.- Recubrimiento epóxico, alquitrán de hulla catalizado, con alto contenido de sólidos, de dos componentes, sin primario.

IV.2.- Medio ambiente húmedo (tropical), salino y brisas. ---- (II.2.).

IV.2.1.- Aguas Potables.

Protección exterior.- Recubrimiento epóxico, alquitrán de hulla catalizado, con alto contenido de sólidos, de dos componentes, sin primario.

Protección interior.- Recubrimiento vinílico de tres -- componentes: Primario, intermedio y acabado.

IV.2.2.- Aguas Salinas.

Protección exterior e interior.- Recubrimiento epóxico, alquitrán de hulla catalizado, con alto contenido de sólidos, de dos componentes, sin primario.

IV.3.- Instalaciones para aguas negras. (II.3.).

Protección exterior.- Primario.- 100% inorgánico de silicato de zinc, tipo autocurante.

Acabado.- Recubrimiento de cloruro de polivinilo, de alto contenido de sólidos.

Protección interior.- Recubrimiento epóxico, alquitrán de hulla catalizado, con alto contenido de sólidos, de dos componentes, sin primario.

V.- CARACTERISTICAS.

V.1.- PRIMARIO.-

100% inorgánico de zinc, tipo autocurante. Se refiere a un primario 100% inorgánico de silicato de zinc, cuyo curado o insolubilidad se obtiene por sí mismo. Tiene una excepcional resistencia a la abrasión, un alto contenido de sólidos, de fácil aplicación. Una sola capa proporciona máxima protección contra la intemperie, disolventes, etc.; y no hay peligro de explosión o incendio.

1.- Espesor.- El espesor total seco, que deberá aplicarse por mano, será de 75 micras (8 mils).

2.- Contenido de sólidos.- Este primario lo constituye un volumen total de sólidos, de acuerdo con su rendimiento, de 24 m² por litro y por milésima de pulgada de espesor de película seca.

- 3.- Tiempo de secado.- Alcanzará insolubilidad en agua después de 30 minutos.- pueda recubrirse cuando el color haya cambiado de rojizo a gris azulado oscuro, aproximadamente después de 72 horas.
- 4.- Aplicación.- Este primario deberá aplicarse por --pulverización con pistola de aire. En caso de efectuar rasanes, se deberá soplatear y lijar el área --por reparar. Una vez preparado el recubrimiento --para su aplicación, deberá conservarse útil, listo para aplicarse en un máximo de 8h; los recipientes deben de colocarse en la sombra antes de usarlos. - El producto caliente puede gelar. Su resistencia a la temperatura es de 370°C. Como las superficies --limpiadas con chorro de arena se oxidan rápidamente, el primario deberá aplicarse lo más pronto posible --después del soplateado en un plazo máximo de 2 a 4 horas. En condiciones ambientales inadecuadas para el producto, no debe efectuarse la limpieza de la --superficie hasta que dichas condiciones desaparez--can.

V.2.- ACABADOS.-

- a).- Recubrimiento de resinas vinílicas de alto contenido de sólidos.- Se refiere a un recubrimiento de altos sólidos a base de resinas vinílicas, plastificantes, pigmentos colorantes, inertes y disolventes.
- Forma una película mate, dura, de alta resistencia mecánica y con una excelente resistencia a las condiciones de exposición en ambiente húmedo y salino, exposición al agua potable; una vez seco es inodoro, insípido y no tóxico.
- 1.- Espesor.- El espesor total seco deberá dar --en tres manos de 125 a 150 micras (5 a 6 ----mils).
- 2.- Contenido de Sólidos.- Este recubrimiento lo constituye un volumen total de sólidos, de ---acuerdo con su rendimiento, de 6 m² por litro, con un espesor de 1.5 a 2 milésimas de pulgada de película seca por mano.
- 3.- Tiempo de secado.- Alcanza insolubilidad en --agua después de 4h; transcurrido ese tiempo --

puede recubrirse. Su tiempo de secado al tacto es de 30 min.

- 4.- Aplicación.- Este acabado se aplica por aspersión con pistola de aire o con brocha, se conservará útil para aplicarse una vez preparado aproximadamente 6h, los recipientes se deberán colocar en la sombra, su resistencia a la temperatura es de 66 °C. Déjense transcurrir por lo menos dos horas como tiempo de secado entre una y otra mano.
- b).- Recubrimiento vinílico de tres componentes.- Esta especificación se refiere a un recubrimiento a base de resinas vínicas de tres componentes: Primario, intermedio y acabado. Este recubrimiento está compuesto de resinas y pigmentos inertes; es inodoro, insípido y completamente no tóxico, no lo afecta la inmersión continua en agua, ni en soluciones de sal de cualquier concentración.

La película seca, es sumamente dura y resistente a la abrasión. Su adherencia es excelente, no quiebra, sigue la expansión o contracción de la superficie a la que está adherido. No experimenta fractura, ni pérdida de adherencia al doblarse a 180° sobre un arco de pequeño radio (madril de 6.3 mm de diámetro).

- 1).- Espesor.- El espesor total seco de los tres componentes de este recubrimiento, deberá estar entre 200 a 250 micras (8 a 10 mils).
- 2).- Contenido de sólidos.- El volumen total de sólidos de este recubrimiento, deberá estar de acuerdo con los rendimientos siguientes:
Primario: (una mano) 6 m² por litro, por milésima de pulgada de espesor de película seca.
Intermedio: 2.5 m² con 3 milésimas de pulgada de espesor por mano. (2 manos).
Acabado: (2 manos) 5 m² por litro con 1.5 milésimas de pulgada de espesor por mano.
- 3).- Tiempo de secado.- Su tiempo de secado al tacto es de 30 a 45 min, alcanza insolubilidad en agua a las 4h como mínimo.
- 4).- Aplicación.- El recubrimiento deberá aplicarse

dentro de las 2 primeras horas de haberse preparado la superficie. En condiciones ambientales no adecuadas para el producto, no se deberá proceder a la limpieza de la superficie, hasta que dichas condiciones hayan desaparecido.

Una vez preparado el recubrimiento para su aplicación, se conservará útil, listo para aplicarse de 4 a 8 horas, ya que transcurrido ese tiempo se dificulta su aplicación por gelificación. Es conveniente colocar en la sombra los recipientes de pintura ya preparada para evitar este fenómeno.

El procedimiento de aplicación de las tres componentes será: una mano de primario, una o dos manos de intermedio y de dos a cuatro de acabado, para tener el espesor seco total especificado.

La mano de primario se aplicará con brocha, mojado perfectamente la superficie metálica hasta lograr una capa uniforme, lisa, sin porciones mal cubiertas y sin poros; las siguientes manos de intermedio y de acabado se aplicarán por aspersion con pistola de aire.

- c).- Recubrimiento epóxico, alquitrán de hulla catalizado, -- con alto contenido de sólidos, de dos componentes, sin primario. Esta especificación se refiere a un recubrimiento de acabado de altos sólidos a base de resinas epóxicas, disolventes y pigmentos, (componente 1) que endurece por la adición de un catalizador (componente 2), envasados por separado.

Debido a su alto contenido de sólidos, con dos manos proporciona máxima protección a las superficies metálicas. No lo afecta la inmersión continua en agua, ni en soluciones de sal de cualquier concentración. La película curada es excepcionalmente dura y resistente a la abrasión.

- 1.- Espesor.- El espesor total seco de película deberá ser 400 micras (16 mils), dos manos.
- 2.- Contenido de sólidos.- Este recubrimiento lo constituye un volumen total de sólidos, de acuerdo con un rendimiento de 3 m² por litro, con un espesor de 8 milésimas de pulgada por mano.

- 3.- Tiempo de secado.- El tiempo de secado es de 4 -- horas máximo. Curará completamente en 24 horas.
- 4.- Aplicación.- Este acabado se aplica por pulverización con pistola de aire. Para obtener los mejores resultados, deben aplicarse dos manos, sin -- primario. El recubrimiento se conservará útil para aplicarse, una vez que se ha preparado, de 4 a 8 h, dependiendo de la temperatura ambiente.

En climas excesivamente cálidos, puede empezar a -- solidificarse en menos de 4 horas. Deberán dejarse transcurrir 4 h, como tiempo de secado una y -- otra mano.

Los recipientes deberán mantenerse tapados y lejos de llamas o chispas. Se evitará la inhalación pro -- longada de vapores o el contacto prolongado o repe -- tido con la pial

- d).- Recubrimiento de cloruro de polivinilo, de alto -- contenido de sólidos. Esta especificación se re -- fiere a un recubrimiento de acabado con alto con -- tenido de sólidos, a base de resinas vinílicas y -- pigmentos de máxima resistencia a la intemperie, -- con notable durabilidad y firmeza de color. La -- película perfectamente seca, tiene excepcional re -- sistencia a la abrasión y al rozamiento.

Su adherencia a superficies metálicas es excelente, la película es altamente impermeable y no es afec -- tada por largas exposiciones al agua dulce o sala -- da, soporta calor seco hasta 82 °C.

- 1.- Espesor.- El espesor seco de película deberá ser de 125 a 150 micras (5 a 6 mils), a una so -- la mano cruzada.
- 2.- Contenido de sólidos.- Este recubrimiento lo constituye un volumen total de sólidos, de --- acuerdo con su rendimiento, de 11 m² por litro, por milésima de pulgada de espesor.
- 3.- Tiempo de secado.- Su secado al tacto a tempera -- tura ambiente es aproximadamente de 30 min, -- alcanza a las 4 horas como mínimo, la dureza -- máxima.

- 4.- Aplicación.- El recubrimiento podrá aplicarse, tanto con equipo de atomización con pistola de aire, como con equipo "sin aire". El recubrimiento deberá aplicarse dentro de las dos primeras horas de haberse preparado la superficie. No deberá efectuarse la limpieza de la superficie mientras las condiciones ambientales no sean las adecuadas.

Una vez preparado el recubrimiento para su aplicación, se conservará útil, listo para aplicarse aproximadamente 6 horas.

Deberán aplicarse dos manos, dejando transcurrir -- por lo menos dos horas como tiempo de secado entre una y otra mano.

VI.- INSPECCION Y PRUEBAS.

Los sistemas de recubrimientos detallados en estas especificaciones, estarán sujetos a una inspección rigurosa durante su ejecución y al terminarse ésta.

Ningún sistema de recubrimiento podrá darse por aceptado hasta que todas las pruebas, análisis e inspección final correspondientes, hayan sido certificadas por el inspector designado por la Secretaría o aceptado copias certificadas de informes extendidos por personas o laboratorios de prestigio, reconocidos y autorizados por la Secretaría, que indiquen los resultados satisfactorios de las pruebas, análisis o garantías del fabricante de los recubrimientos.

El fabricante deberá enviar a la Secretaría muestras suficientes de los productos que se pretendan emplear en los distintos sistemas de recubrimiento, para que ésta los envíe a su laboratorio para su ensaye y aprobación.

VI.1.- Limpieza con chorro de arena.

El grado de limpieza "a metal blanco" que cita en estas especificaciones, deberá tener el siguiente aspecto.

La superficie deberá estar exenta de óxido, pintura, --- aceite, grasa o cualquier sustancia extraña y tener un

color gris blanco metálico uniforme, sin manchas gris - obscuro.

Para la aceptación de la superficie, se preparará ésta de 1 m², que servirá como patrón para compararla con el total de la superficie, utilizando para ello la lámpara comparadora de fijación.

VI.2.- Sistemas de recubrimiento.-

Para la aceptación de los diferentes sistemas de recubrimientos, se efectuarán los siguientes pasos:

- 1.- Por medio de un medidor de tipo magnético (MIKO--TEST), se comprobará que los espesores de recubrimiento son los especificados en cada caso.
- 2.- Por medio de un detector de fallas (TINKER AND RASOR, MODELO M-1), se efectuará la prueba de continuidad de película, es decir, se asegurará que no existen zonas con bajo espesor, raspaduras, poros, etc.
- 3.- Se comprobará la adherencia de la película del recubrimiento, haciendo pequeños cortes con navaja a 1 cm de distancia; el recubrimiento no deberá desprenderse al tirar de él.

JSR/mebr.-

México, D. F., a 17 de Septiembre de 1974.



**ESPECIFICACIONES PARA LA LIMPIEZA DE SUPERFICIES METÁLICAS
POR PROCEDIMIENTOS MECÁNICOS Y QUÍMICOS.**

**CONCEPTO: 1.2.5.15, TRATAMIENTO ANTICORROSIVO A BASE DE UN
PRIMARIO EPOXICO DE CROMATO DE ZINC Y
COMO ACABADO UN RECUBRIMIENTO EPOXICO
CATALIZADO NO ESTERIFICADO.**

Por el precio unitario para este concepto, el contratista proporcionará en el sitio de su utilización el equipo, herramientas, personal, mano de obra y todos los materiales que sean necesarios para aplicar el recubrimiento anticorrosivo a base de películas del sistema de resinas epóxicas de cromato de zinc y resinas epóxicas catalizadas, en las rejillas, compuertas deslizantes o radiales, ó cualquier estructura metálica que indique el proyecto y ordene el Ingeniero Residente, así como las operaciones previas a la aplicación de este recubrimiento.

La correcta limpieza de las superficies metálicas por proteger, tienen el papel fundamental de permitir que los recubrimientos desarrollen su gran adherencia y garanticen de esta manera su duración.

El sistema de limpieza utilizando procedimientos mecánicos con cepillos eléctricos o manuales y complementando con un tratamiento químico que desoxida, fosfatiza y desengrasa el metal, cuando es realizado con efectividad se consigue una economía en comparación con otros sistemas de limpieza.

LIMPIEZA DE SUPERFICIE.- Antes de proceder con las operaciones de limpieza, propiamente dichas, es indispensable preparar correctamente la superficie metálica a fin de evitar futuras fallas en la continuidad de la película protectora.

Las operaciones de preparación de superficies incluyen:

- a).- Eliminar el carbón y la escoria de los cordones de soldadura, que por su forma y baja adherencia pueden originar un desprendimiento posterior ó debilitar el espesor final de la película en esos puntos.
- b).- Suprimir, dentro de lo posible, todas las aristas y puntos cortantes para evitar que la pe^{acu}

la de recubrimiento sea dañada en estos lugares.

- c).- Remover todo el lodo, tierra y depósitos salinos presentes en la superficie por proteger.
- d).- Eliminar todo el asfalto, chapapote, grasa ó aceite que contaminen la superficie metálica.
- e).- En superficies con pinturas antiguas y en mal estado, deberán eliminarse todas aquellas partes que presenten desprendimientos, e inclusive deberán removerse en su totalidad en determinadas circunstancias.

Estas operaciones pueden ejecutarse por medio de rasquetas, escariles, espátulas, etc., empleando detergentes y solventes no grasosos.

Deberá recurrirse en ocasiones a removedores o a la flama para facilitar la eliminación de las pinturas anteriores. Se deberán tomar amplias precauciones para evitar un accidente por inflamación.

PROCEDIMIENTO MECANICO Y QUIMICO DE LIMPIEZA.- La limpieza más apropiada de superficies metálicas de compuertas, estructuras, tuberías, válvulas y equipo en general, por medios mecánicos y con un tratamiento químico (en frío) complementario, consiste en:

- 1.- El procedimiento de limpieza por medios mecánicos consiste en la eliminación de la oxidación, por medio de rasquetas y cepillos eléctricos o manuales. En ciertos casos habrá de recurrirse al empleo de martillos o de equipo neumático para facilitar la operación.
- 2.- El tratamiento químico complementario con DESOXIGRAS E-2, que además de desoxidar y disolver el polvillo de óxido residual de la operación anterior fosfatizan la superficie de fierro y acero y la desengrasan simultáneamente. Cuando la oxidación sea muy severa, se recomienda cepillar la superficie con cepillos de alambre o con fibra de acero durante el tratamiento. El DESOXIGRAS E-2, debe aplicarse una o varias veces sobre la superficie, con brochas destinadas para este fin, procurando saturar las hendiduras con DESOXIGRAS durante 5 o 10 minutos; el DESOXIGRAS deberá dejarse actuar durante 10 minutos más, antes de proceder a enjuagar abundantemente con agua limpia (y de preferencia blanda), así como su posterior secado.

PRINCIPIOS BASICOS DEL CODIGO DE COLORES

Mientras que al principio el uso de colores de seguridad resulto muy efectivo para la prevención de accidentes, algo de esta ventaja se perdió a causa de la falta de uniformidad, tanto en los colores tipo, como en los métodos empleados para utilizarlos. Los esfuerzos para llegar a establecer un sistema uniforme de colores de seguridad, se vieron coronados en 1945, al publicar la American Standards Association su Código de Colores de seguridad para la identificación de riesgos físicos, que se conoce como ZR53.

Este primer Código, sugería el empleo de tres colores: -- rojo, verde y amarillo, además de blanco y negro.

En 1953 se hizo una revisión, y se adicionaron los colores naranja y azul. Este Código modificado, es el que está aceptado actualmente y es utilizado por la industria en general.

Proporciona un sistema ordenado y estandar de identificación que puede aplicarse en cualquier tipo de industria. Permite al trabajador identificar rápidamente todas las áreas de peligro y los dispositivos de seguridad, preparándolo de antemano para un caso de emergencia.

Se puede asegurar que una vez que este Código de Seguridad sea implantado en la S.A.R.H., cualquier trabajador puede ir de una sección a otra, o inclusive ser cambiado a otra obra y sin embargo reconocerá siempre las señales de seguridad, ya que éstas invariablemente indicarán lo mismo.

La experiencia ha demostrado ampliamente que el uso del color como medida de seguridad debe seguir un patrón lógico. Debe estar de acuerdo con los usos tradicionales por ejemplo, naranja -- para indicar zonas peligrosas de equipos en movimiento; azul se utilizó para marcar equipos que no representan peligro.

Los colores empleados en un programa de seguridad no solo deben atraer la atención, sino que deben de estar asociados a una idea predeterminada, distinta para cada uno de ellos. La reacción de un individuo al observar un cierto color, debe ser inmediato y positiva. No debe existir ninguna duda ni confusión respecto al significado de las señales.

México, D.F., a 17 de enero de 1978.

SECRETARIA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRAULICOS

DIRECCION GENERAL DE GRANDE IRRIGACION

DIRECCION DE PROYECTOS

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA ELECTROMECHANICA

CODIGO DE COLOR

NORMAS S.A.R.H
D.I.E. I

Normas para uniformizar los colores para la protección anticorrosiva de los equipos - - electromecánicos instalados y por instalar en Presas y Distritos de Riego de la S.A.R.H., de acuerdo con el código de color de seguridad, según la Asociación Americana de Standards (A.S.A.).

NORMAS Y EQUIPO

COLOR

NORMA (A.S.A.) - Azul.- Protección: Para marcar equipos o partes de los mismos que no representan peligro inminente en su operación.

Se usa en hornos, tanques, tuberías, controles eléctricos, calderas, válvulas, quemadores y -- compresoras.

VALVULAS DE SERVICIO, DE EMERGENCIA, AUXILIARES;
PLANTAS DE EMERGENCIA, BOMBAS, MALACATES, MECANISMOS ELEVADORES Y SUS MOTORES DE OPERACION.



Azul Marino.

CODIGO DE COLOR

NORMAS S.A.R.H.
D.I.E. I

TUBERIAS DE PRESION Y AUXILIARES.



Azul Claro.

NORMA (A.S.A.) - Naranja.- Alerta: Para señalar las partes peligrosas en maquinaria o equipos, que pueden producir lesiones como cortaduras, confusiones, fracturas, etc., debe utilizarse para advertir la presencia de zonas peligrosas de equipo en movimiento, botones de arranque de dispositivos de seguridad, interior de cajas de controles eléctricos.

COMPUERTAS RADIALES Y DESLIZANTES. OBTURADORES, VIGA DE ENGANCHE Y ARRANCADORES ELECTRICOS.



Naranja.

NORMA (A.S.A.) - Amarillo.- Alta visibilidad: - Para marcar partes contra las que se puede golpear tropezar, caer o causar algun daño. se usa en equipos de camiones, partes sobresalientes, finales de camino, vigas bajas, cucharones de carga, llegadas de escaleras, partes terminales de piso, equipos de construcción como montacargas, grúas, etc.

GRUAS, MONTACARGAS, POLIPASTOS, ETC.



Amarillo Caterpillar.

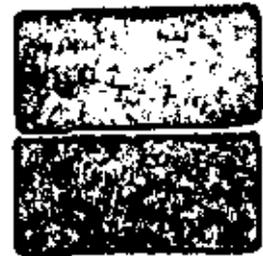
NORMA (A.S.A.) - Amarillo y Negro.- Precaución: Este color se debe utilizar en objetos que producirían daños físicos: golpes contra ellos, caídas tropezones, etc.

CODIGO DE COLOR

NORMAS S.A.R.H.
D.I.E. I

La siguiente lista indica algunos de los artículos que deben pintarse de amarillo.

- 1- Esquinas en estibas de materiales almacenados.
- 2- Cubiertas o guardas de tirantes.
- 3- Pasamanos y el primero y último escalones amarillos, los intermedios negros.



Amarillo y Negro.

ESCALERAS MARINAS, EL PRIMERO Y ULTIMO ESCALONES AMARILLOS, LOS INTERMEDIOS NEGROS.

NORMAS (A.S.A.) - Blanco y Negro.- Para marcar circulación en pasillos, signos de dirección y finales de pasillos. Se usa en fajas diagonales alternadas en los dos colores.

REJILLAS DE PISO Y PISOS DE PUENTES, REJILLAS DE OBRA DE TOMA, SOPORTES DE TUBERIAS ELECTRICAS Y PROTECCION EN CARRETERAS (FLEX - BEAM).



Blanco y Negro.

Los siguientes equipos y material, no se encuentran clasificados por la American Standards - Association por lo que se pintaran en la forma siguiente:

TABLEROS DE DISTRIBUCION.



Verde Claro.

CODIGO DE COLOR

9
NORMAS S.A.R.H.
D.I.E. I

MOTORES ELECTRICOS DE LAS BOMBAS.



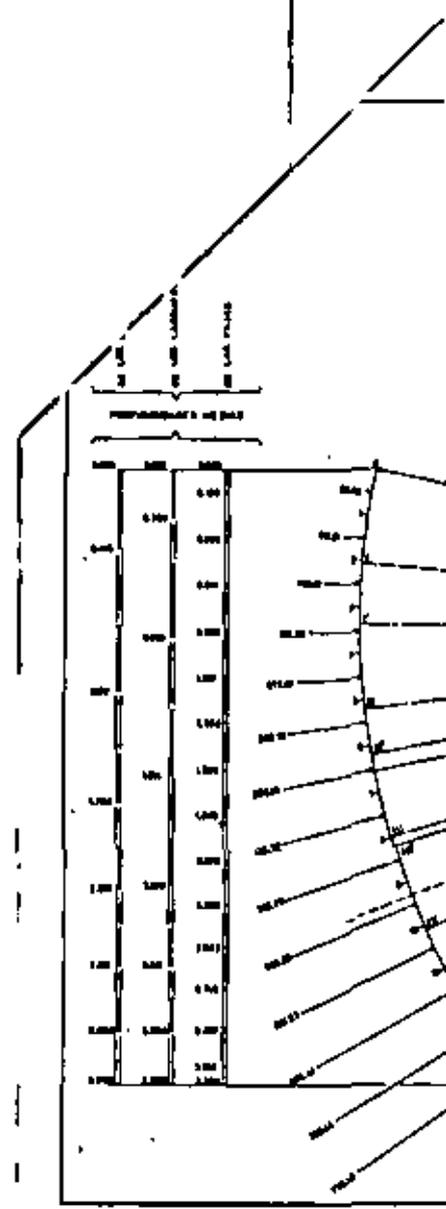
En franjas alternadas color naranja y marfil, la parte superior color naranja, la tercera franja tendrá un ancho aproximado de la tercera parte de la altura del motor.

TUBERIA ELECTRICA.



Aluminio.

México, D.F., a 17 de enero de 1978.





centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam



PLANEACION, DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PRESAS

PLIEGO DE ESPECIFICACIONES PARA EL CONCURSO: IC-78-260C-5

ING. LUIS HERNANDEZ ZEPEDA

FEBRERO, 1980



I N D I C E

	Página No.
I- <u>REFERENCIAS</u> - - - - -	1
I-1 Nombre de la Obra - - - - -	1
I-2 Fondos para ejecutarla, provenientes de - - - - -	1
I-3 Convocatoria - - - - -	1
I-4 Sitio, fecha y hora de celebración del concurso - - - - -	1
I-5 Sitio, fecha y hora de visita al sitio de la obra - - - - -	1
I-6 Garantía de Seriedad de la Proposición - - - - -	1
I-7 Oficinas Foráneas que proporcionarán datos de campo - - - - -	1
I-8 Oficinas Centrales relacionadas con la Convocatoria - - - - -	1
II- <u>ANTECEDENTES, OBJETO DE ESTAS ESPECIFICACIONES Y DEFINICIÓN DE TÉRMINOS.</u> - - - - -	2
II-1 Antecedentes y objeto de este Pliego - - - - -	2
II-2 Definición de Términos - - - - -	2
III- <u>ESPECIFICACIONES NORMALES DEL CONCURSO.</u> - - - - -	2
III-1 Visita al sitio de las obras - - - - -	2
III-2 Del Proyecto y sus Especificaciones - - - - -	3
III-3 Iniciación de los trabajos - - - - -	3
III-4 Requisitos para ser Postor - - - - -	3
III-5 Documentos de que debe constar la Proposición - - - - -	4
DOCUMENTO 1 Personalidad del representante que asista al concurso - - - - -	4
DOCUMENTO 2 Comprobación de la existencia legal de la Empresa - - - - -	4
DOCUMENTO 3 Escrito - Proposición - - - - -	5
DOCUMENTO 4 Garantía de Seriedad de la Proposición - - - - -	5
DOCUMENTO 5 Constancia del registro en la Secretaría de PROGRAMACIÓN Y PRESUPUESTO - - - - -	6
DOCUMENTO 6 Constancia de la visita al sitio de la obra - - - - -	7
DOCUMENTO 7 Catálogo de Precios - - - - -	7

SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRÁULICOS.

SUBSECRETARÍA DE INFRAESTRUCTURA HIDRÁULICA.

SUBDIRECCIÓN GENERAL DE CONSTRUCCIÓN DE GRANDE IRRIGACION.

FUNDO ESPECÍFICO MONES PARA EL CONCURSO: IC-78-2600-S

1.- REFERENCIAS:

- I.1. HOMBRE DE LA OBRA: PROYECTO RIC SAN LORENZO, 2a. ETAPA, EDO. DE SINALOA.- SUMINISTRO DE EQUIPOS ELECTROMECÁNICOS PARA LA PRESA "EL COMEDERO", COMPUERTAS RADIALES, PIEZAS OBTURADORAS, VIGA DE ENGANCHE Y GRUA DE PORTICO.
- I.2. FONDOS PARA EJECUTARLA PROVENIENTES DE: Recursos establecidos en el Presupuesto, complementados con el Préstamo 279-00-ME otorgado para el efecto por el Banco Interamericano de Desarrollo (B.I.D.).
- I.3. CONVOCATORIA: Publicada en los principales Diarios de la Ciudad de México, durante el mes de enero de 1978.
- I.4. SITIO, FECHA Y HORA DE CELEBRACION DEL CONCURSO: En el Salón de Actos de las Oficinas de la Representación de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, en la Ciudad de Culiacán, Sin., el día 25 de Agosto - de 1978 a las 9.00 horas.
- I.5. VISITA AL SITIO DE LA OBRA: Se informa a todos los participantes asistir el día 10 de agosto de 1978 a las 12 horas a la Residencia de las Obras, Gabriel Leyva 73, Cosalá, Sin.
- I.6. GARANTIA DE SERIEDAD DE LA PROPOSICION: Deberá ser por la cantidad de \$ 200,000.00 (DOSCIENTOS MIL PESOS, CERO CENTAVOS, M. N.), en la forma que se establece en la hoja 6 de estas Especificaciones con relación al DOCUMENTO 4.
- I.7. OFICINAS FORANEAS QUE PROPORCIONARAN DATOS DE CAMPO:
Residencia de las Obras - Gabriel Leyva 73, Cosalá, Sin.
- I.8. OFICINAS CENTRALES RELACIONADAS CON LA CONVOCATORIA:
Subsecretaría de Infraestructura Hidráulica.
Subdirección General de Construcción de Grande Irrigación.
Depto. de Contratos y Concursos - Lafragua 4-49 piso
México, D. F. - Tels: 566-73-93 y 546-10-48

NOTA: Las Empresas inscritas en el Concurso que decidan no participar en el mismo y que deseen presentar su excusa, se les agrada decerá entregarla tres días antes del Acto de Recepción de Proposiciones en Lafragua 4-49 piso, Departamento de Contratos y Concursos de la Subdirección General de Construcción de Grande Irrigación.

CTO: IC-78-2600-S
JFBA 'JSC' HGL' mpb

	Página No.
DOCUMENTO 8 Programa de Trabajo y de Utilización de Equipo - - - - -	8
DOCUMENTO 9 Resumen del equipo básico para el cumplimiento del Programa - - - - -	8
DOCUMENTO 10 Datos del Equipo Básico - - - - -	9
DOCUMENTO 11 Análisis de Cargos y Precios Unitarios- - - - -	9
III-6 Forma en que se Verificará el concurso - - - - -	11
III-7 Prohibición de retiro de la proposición - - - - -	13
III-8 Revisión de las proposiciones - - - - -	13
III-9 Derechos que se reserva la Secretaría - - - - -	13
III-10 Descalificación de Postores - - - - -	14
III-11 Decisión de la Secretaría relativa al concurso - - - - -	14
III-12 Comunicación de la decisión de la Secretaría y adjudicación del Contrato - - - - -	14
III-13 Devolución de las garantías de seriedad de las proposiciones - - - - -	14
III-14 Firma del Contrato - - - - -	15
III-15 No formalización del Contrato - - - - -	15
III-16 Modelo del Contrato - - - - -	15
III-17 Publicaciones, documentos y planos que regirán en todo lo relacionado al concurso - - - - -	16
IV- <u>ESPECIFICACIONES PARTICULARES DEL CONCURSO.</u> - - - - -	17
IV-1 Descripción de la Obra - - - - -	17
IV-2 P l a z o s - - - - -	17
IV-3 P r o g r a m a - - - - -	17
IV-4 Conceptos de trabajo para los que debe presentarse su análisis de precio unitario - - - - -	18
V - <u>LISTA DE ANEXOS AL PLIEGO DE ESPECIFICACIONES PARA EL CONCURSO.</u> - - - - -	19
VI- <u>LISTA DE PLANOS ANEXOS AL PLIEGO DE ESPECIFICACIONES PARA EL CONCURSO.</u> - - - - -	20

II - ANTECEDENTES , OBJETO DE ESTAS ESPECIFICACIONES Y DEFINICION DE
TERMINOS.

II.1.- Antecedentes y objeto de este Pliego.

Habiendo convocado la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos a las empresas contratistas que se interesaran en la ejecución por Contrato de la obra citada en las Referencias, - para que se registraran y proporcionaran los datos relativos a -- sus antecedentes, experiencia, equipo disponible y capacidad económica, e invitado a inscribirse para el concurso a las empresas- que, como resultado del estudio de dichos datos y con apego a las bases de la misma Convocatoria, resultaron aptas para concursar, - rase entrega, a las empresas que en atención a dicha invitación - se inscribieron, del presente Pliego de Especificaciones del Concurso junto con los Anexos que al final del mismo aparecen enlistados, y que en conjunto contienen las estipulaciones que regirán para la celebración y dictamen del Concurso.

II.2.- Definición de términos.

En estas Especificaciones y sus anexos, se entenderá por:

Secretaría: La Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

Empresa : Indistintamente a personas físicas o morales, capacitadas para contratar la construcción de obras, sea ya que estas últimas estén constituidas en cualquier forma de Sociedad Mercantil de acuerdo con las Leyes de México, o que formen un grupo no - constituido en esta forma.

III - ESPECIFICACIONES NORMALES DEL CONCURSO

III.1. Visita al sitio de las obras.

Las Empresas deberán presentar en su visita a la Obra, el original de la invitación para participar en el Concurso, para que la Secretaría proceda a mostrar las ubicaciones, trazos, alineamientos y demás datos adicionales de campo que consideren neces-

#...

rios los interesados, para cuyo efecto deberán ocurrir previa cita hecha por teléfono, a las Oficinas Foráneas de la Secretaría que se indican en este Pliego.

Una vez realizada la visita a los sitios de las obras, las Empresas deberán recabar una constancia de haberla efectuado, la que será expedida por la misma Oficina Foránea de la Secretaría y dicha constancia será presentada en el Acto del Concurso.

III.2. Del Proyecto y sus Especificaciones.

En la formulación de su Proposición, la Empresa deberá tomar en cuenta que las obras se ejecutarán de acuerdo con las estipulaciones relativas contenidas en este Pliego y sus anexos.

III.3. Iniciación de los trabajos.

Los trabajos preparatorios para la ejecución de la obra objeto del Concurso (movilización de personal y del equipo, instalaciones, etc.) deberán iniciarse dentro de los 15 (quince) días siguientes a la fecha en que la Secretaría dé la orden de dicha iniciación; salvo alguna estipulación en contrario que se indique en este Pliego, en la inteligencia que la adjudicación del Contrato se considerará asimismo como la orden de iniciación de dichos trabajos.

III.4. Requisitos para ser Postor:

Para que una Empresa pueda participar en el Concurso como Postor, o sea, para que tenga derecho a presentar su proposición, deberá satisfacer los requisitos siguientes:

- a).- Que la Empresa cumpla en general con todas las estipulaciones de este Pliego y que su proposición comprenda sin ninguna omisión todos los documentos que se indican, y que cada uno de ellos satisfaga los requisitos ahí mismo establecidos, en la inteligencia, de que la Secretaría rechazará cualquier proposición que no cumpla con estas Especificaciones.
- b).- Para facilitar la revisión de cada uno de los documentos que integra la proposición se recomienda muy especialmente a las empresas que éstos se presenten precisamente después de cada una de las hojas índice que se proporcionan para

tal objeto, con excepción de aquellos documentos para los cuales se proporcionan carpetas especiales.

- c).- Que la Empresa o su representante debidamente autorizado haga entrega del sobre cerrado de manera inviolable, que contenga su proposición, precisamente en el Acto del concurso, antes de que se haya dado lectura a cualquiera de las proposiciones recibidas.

III.5. Documentos de que debe constar la Proposición.

Para que una Proposición sea tomada en cuenta en el concurso deberá contener todos los documentos que se indican en esta Cláusula, y cada uno de ellos deberá satisfacer los requisitos que aquí mismo se estipulan; en la inteligencia de que la Secretaría rechazará cualquier Proposición que no cumpla con estas Especificaciones.

DOCUMENTO 1.- Personalidad del representante que asista al Concurso.

En el caso de que el Postor sea persona física y no asista al Concurso sino su representante, o bien cuando el asistente al mismo por parte de una sociedad no esté facultado para representarla de acuerdo con su Escritura Constitutiva, deberá presentar una carta del Postor acreditándolo.

DOCUMENTO 2.- Comprobación de la existencia legal de la Empresa.

Esta deberá consistir en el testimonio del Acta Constitutiva de la Sociedad Mercantil y, en su caso de la última modificación que haya sufrida. Dicho testimonio deberá ser notarial o bien copia legible (inclusive fotocostática) debidamente certificada por Notario Público. (La certificación del Notario debe ser con firma autógrafa).

En el caso de que el Postor lo constituya un grupo de empresas que no hayan formado una sola Sociedad Mercantil legalmente constituida, deberá presentar la documentación que compruebe la existencia legal de cada una de ellas en los términos expresados en el párrafo anterior, y también el convenio, que --

puede ser privado o público, en el que definen la forma en que se comprometerán con relación al Contrato en el caso de que le sea adjudicado; esta forma podrá ser solidaria y mancomunadamente o mediante la constitución legal de una nueva Sociedad Mercantil.

Si se trata de una Empresa de nacionalidad extranjera, sea ya que concursa por sí misma o formando parte de un grupo, deberá comprobar con la documentación correspondiente que está constituida legalmente de conformidad con las Leyes de su país; documentación que deberá estar legalizada por el Cónsul Mexicano del lugar de su residencia oficial. Dicha documentación deberá ser acompañada de una declaración de la Empresa de que se someterá a las Leyes Mexicanas en todo lo que se relacione al Contrato y a la ejecución de las obras y de que obtendrá todos los permisos y autorizaciones que establecen dichas leyes y, en especial, los permisos correspondientes de las Secretarías de Gobernación y de Relaciones Exteriores, para contratar y ejecutar la obra objeto de la Convocatoria, en el caso de que le sea adjudicado el Contrato a la empresa o el grupo de empresas de que forme parte.

El testimonio Notarial o la copia certificada por Notario será devuelto al Pastor al terminar el Acto de Recepción de Proposiciones.

DOCUMENTO 3. Escrito Proposición.

Deberá ser formulado precisamente en el esqueleto o forma que proporciona la Secretaría llenando todos los espacios dejados para dicho objeto, con máquina de escribir o a mano con tinta, con letra y números fácilmente legibles y será firmado por el representante legal de la Empresa de acuerdo con el Acta Constitutiva de la misma, rubricando toda

#####

las hojas. En caso de que el Postor sea un grupo de Empresas, el Escrito Proposición deberá ser rubricado en todas las hojas y firmado en la hoja correspondiente por los representantes legales de TODAS las Empresas Asociadas, de acuerdo con sus Escrituras Constitutivas.

DOCUMENTO 4.- Garantía de seriedad de la Proposición.

Esta deberá consistir en cheque certificado, cheque de caja, certificado de depósito en efectivo o certificado de depósito de valores de renta fija, en cualquier caso, la depositaria deberá ser la empresa invitada y el documento será expedido a favor de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, por la cantidad en Moneda Nacional que se expresa en la Cláusula I-5. Si se trata de certificado de depósito, éste deberá ser expedido por Institución de Crédito Mexicana autorizada legalmente y el depósito que ampare deberá ser pagadero a la vista. Si el postor está constituido por un grupo de Empresas y en el documento aparece el nombre de la depositaria o cuentahabiente, ésta podrá ser la de una, de varias o de todas las Empresas que constituyen el grupo.

DOCUMENTO 5.- Constancia del registro en la Secretaría de Programación y Presupuesto.

Esta deberá ser copia fotostática legible, sellada por la Secretaría de Programación y Presupuesto de la documentación presentada por el Postor para su registro en dicha Dependencia.

Si el Postor es un grupo de Empresas que no hayan formado una sola Sociedad Mercantil legalmente constituida, cada una de ellas deberá presentar su constancia del registro de que se trata.

Si se trata de alguna Empresa de nacionalidad extranjera y proponga actuar con relación al Contrato por propio derecho, sea -- y aisladamente o formando parte de un grupo con otras Empresas deberá presentar por lo menos un oficio en el que la Secretaría de Programación y Presupuesto manifieste -- que la Empresa extranjera o la Sociedad filial mexicana que constituye podrá ser registrada en el caso de que la sea adjudicador el Contrato a ella o al grupo del que -- forma parte.

Este Documento será devuelto a los Postores al terminar el Acto de Recepción de Proposiciones.

DOCUMENTO 6.- Constancia de la visita al sitio de la obra.

Esta será expedida por las Oficinas Foráneas de la Secretaría indicadas en la Cláusula -- I-5.

DOCUMENTO 7.- Catálogo de Precios.

"El Catálogo de Conceptos y Cantidades de Trabajo para Proposición de Precios Unitarios -- y Determinación del Monto total de la Proposición", deberá ser presentado precisamente en las formas que para dicho objeto proporciona la Secretaría. En dichas formas el -- Postor deberá expresar, con número y letra y en moneda nacional, los precios unitarios de cada uno de los Conceptos de Trabajo y solamente con números los importes correspondientes a los Conceptos, determinando dichos importes multiplicando los precios unitarios -- propuestos por las cantidades de trabajo impresas en el Catálogo. Deberá asimismo, efectuar la suma correspondiente para obtener el importe total de la Proposición. Todas las anotaciones serán hechas con máquina de escribir o con tinta a mano, con letra o números claros fácilmente legibles y no deberá -- contener correcciones o enmendaduras.

No será admitido el Catálogo de Precios si fué omitida la cotización de algún Concepto de Trabajo o de alguna alternativa prevista.

Para que sea válido este Catálogo, deberá estar — firmado en su hoja final y rubricado en cada una — de sus hojas restantes por el representante legal de la Empresa de acuerdo con las Escrituras Constitutivas de la misma.

DOCUMENTO 8.- Programa de Trabajo y de Utilización de Equipo.

Deberá ser formulado en los esbozos que para el efecto proporciona la Secretaría, empleando el método de "Ruta Crítica" o de "Barras" y basado en los plazos estipulados en las Especificaciones Particulares del concurso para la ejecución y terminación de las obras.

La Secretaría suministra un modelo de Programa de Trabajos y de Utilización de Equipo para que el — Postor lo tome solamente como ejemplo, pero queda advertido, de que el que presente podrá formularlo libremente de acuerdo con la solución que juzgue — más conveniente y de acuerdo también con los rendimientos de su planta de construcción, pero siempre que en él se cumpla con los plazos fijos para la ejecución y terminación de las obras.

El Programa de Utilización de Equipo deberá ser — congruente con el Programa de Trabajo. Este Documento debe ser firmado por el representante legal de la Empresa de acuerdo con las Escrituras Constitutivas o por su representante debidamente autorizado.

DOCUMENTO 9.- Resumen del equipo básico para el cumplimiento del Programa.

Dicho resumen deberá presentarse en el esbozo — que proporciona la Secretaría y ser formulado siguiendo como modelo el que, con carácter de ejemplo, la Secretaría suministra junto con este Pliego de Especificaciones. Deberá ser firmado por el representante legal de la Empresa de acuerdo con el Acta Constitutivo o por su representante debidamente autorizado.

DOCUMENTO 10.- Datos del Equipo Básico.

Para cada una de las unidades del equipo básico o principal, el Pastor deberá indicar: marca, - modelo, número de serie, edad, lugar en que se encuentra, si es o no de su propiedad, y en este último caso, cómo dispondrá de él. Este documento será presentado en el esqueleto que proporciona la Secretaría (o en otro siempre que sea igual a dicho esqueleto) y deberá ser firmado por el representante legal de la Empresa de acuerdo con el Acta Constitutiva o por su representante debidamente autorizado.

La Secretaría se reserva el derecho de comprobar los datos presentados por el Pastor, y para dicho efecto, este último se obliga a proporcionar la información adicional que le solicite.

DOCUMENTO 11.- Análisis de Cargos y Precios Unitarios.

El Pastor deberá presentar los siguientes análisis:

- e).- Manifestación del porcentaje que el Pastor incluye en los precios unitarios propuestos para cubrir con él sus gastos indirectos necesarios y su utilidad.

En el desglose que se haga para presentar este porcentaje, se deberán enlistar los renglones que se afecten, indicando un porcentaje para cada uno de ellos, cuya suma representará el porcentaje total por cargo indirecto. A continuación se presentan como ejemplos algunos de los renglones que podrían presentarse aclarándose que en todos los casos se requiere que se presente invariablemente por separado el renglón de utilidad:

TRASLADOS DE EQUIPO, CONSTRUCCION DE OFICINAS, BOLEGAS Y TALLERES - - - - -	N%
ADMINISTRACION DE CAMPO - - - - -	P%
CAMINOS, CAMPAMENTOS, CONSTRUCCION Y CONSERVACION - - - - -	Q%
TRANSPORTE DE PERSONAL Y EQUIPO - - - - -	R%
BONIFICACIONES - - - - -	S%
FINANCIAMIENTO, SEGUROS Y FIANZAS - - - - -	T%
GASTOS DE ADMINISTRACION EN OFICINAS CENTRALES - - - - -	U%

UTILIDAD DESPUES DE IMPUESTOS - - - - -	V%
IMPUESTOS FISCALES - - - - -	X%
IMPREVISTOS - - - - -	<u>Y%</u>
SUMA: PORCENTAJE TOTAL POR CARGOS INDIRECTOS- - - - -	Z%

b).- Análisis de los costos directos correspondientes a la operación y cargos fijos de los equipos básicos de construcción que pretende emplear en las obras.

c).- Análisis detallados de los precios unitarios que propone para cada uno de los Conceptos de Trabajo que se indican en las Especificaciones Particulares del Concurso en el Capítulo IV.- En cada uno de estos análisis se anotarán, después de la suma del costo directo, el porcentaje y la cantidad total correspondiente al costo indirecto (incluyendo la utilidad) considerado por el Postor para obtener el precio unitario propuesto en el Catálogo.

Los análisis de Precios Unitarios deberán ajustarse a lo estipulado en la SECCION 4 de las BASES Y NORMAS GENERALES PARA LA CONTRATACION Y EJECUCION DE OBRAS PUEBLAS, según publicación del Diario Oficial de fecha 26 de enero de 1970.

Cada uno de estos análisis deberá ser firmado por el representante de la Empresa debidamente autorizado.

AJUSTE EVENTUAL DE PRECIOS UNITARIOS.

La siguiente Cláusula forma parte integrante del Contrato.

Cuando los costos que sirvieron de base para calcular los precios unitarios del presente contrato, hayan sufrido variaciones originadas en incremento en los precios de materiales, salarios, equipos y demás factores que integran dichos costos, que impliquen un aumento superior al 5% del valor total de la obra aún no ejecutada y amparada por este contrato, el CONTRATISTA podrá solicitar por escrito a la DEPENDENCIA el ajuste de los precios unitarios proporcionando los elementos justificativos de su dicho.

Con base en la solicitud que presente el CONTRATISTA, la DEPENDENCIA llevará a cabo los estudios necesarios para determinar la procedencia de la petición en la inteligencia de que dicha solicitud sólo será - - -

considerada cuando los conceptos de obra que sean fundamentales estén realizándose conforme al programa de trabajo vigente en la fecha de la solicitud, es decir, que no exista en ellos demora imputable al CONTRATISTA.

De considerar procedente la petición del CONTRATISTA, después de haber evaluado los razonamientos y elementos probatorios que esta haya presentado, la DEPENDENCIA ajustará los precios unitarios, los aplicará a los conceptos de obra que conforme a programa se ejecuten a partir de la fecha de presentación de la solicitud del CONTRATISTA e informará a la Secretaría de Programación y Presupuesto los términos de dicho ajuste.

Si los costos que sirvieron de base para calcular los precios unitarios del presente contrato han sufrido variaciones originadas en disminución de los precios de materiales, salarios, equipos y demás factores que integran dichos costos, que impliquen una reducción superior al 5% del valor de la obra aún no ejecutada, el CONTRATISTA acepta que la DEPENDENCIA, oyéndolo, para lo cual la concederá un plazo de 30 días a fin de que manifieste lo que a su derecho convenga, ajuste los precios unitarios como corresponda. Los nuevos precios se aplicarán a la obra que se ejecute a partir de la fecha de la notificación. La DEPENDENCIA informará en su oportunidad a la Secretaría de Programación y Presupuesto los términos del ajuste.

La Secretaría de Programación y Presupuesto en relación con los ajustes, tendrá la intervención que las Leyes le señalen.

Queda expresamente convenido que esta Cláusula dejará de tener aplicación cuando el Gobierno Federal determine otros criterios o condiciones que deban operar en este tipo de revisiones.

DOCUMENTO ... En el caso de que en las Especificaciones Particulares del concurso se indique algún otro Documento Anexo, la presente lista deberá considerarse adiccionales con él.

III-6.-

Forma en que se verificará el Concurso.

El acto será presidido por un funcionario de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos y se efectuará con la intervención de un representante de la Secretaría de Programación y

Presupuesto y con la asistencia de las empresas invitadas a concursar o de sus representantes debidamente autorizados. Asimismo podrán asistir los representantes que designen, la Cámara Nacional de la Industria que corresponda a las obras o suministros por ejecutar, de Nacional Financiera, del Gobierno del Estado - donde se realizarán las obras, y los usuarios de las mismas si así lo desean.

El concurso se desarrollará siguiendo la secuencia siguiente :

- 1).- Se hará la declaración oficial de la apertura del Concurso.
- 2).- Se efectuará la presentación de los representantes de las Dependencias, Organismos o Instituciones que existan al Acto.
- 3).- Se pasará lista de las empresas invitadas a concursar y - simultáneamente se recibirán los sobros cerrados que contengan sus proposiciones.
- 4).- Terminada de pasar la lista, recibidos los sobros y antes de que se inicie la lectura de cualquier proposición, se declarará cerrado el Concurso, por lo que a partir de ese momento no se recibirán más proposiciones.
- 5).- Serán abiertos sucesivamente los sobros recibidos, procediendo a verificar que las proposiciones contengan todos los documentos señalados y que cada uno de ellos satisfaga los requisitos estipulados. En el caso de que alguna Empresa no reúna estos requisitos o de que su proposición no satisfaga lo estipulado en este Pliego a juicio de la Secretaría, no será tomada en cuenta en el Concurso, y - por lo tanto, después de haber hecho saber a los asistentes en qué consiste la irregularidad, será devuelta la - proposición.
- 6).- A medida que vayan siendo abiertos los sobros, se dará - lectura en voz alta al importe total de cada una de las - proposiciones recibidas que satisfagan los requisitos estipulados.
- 7).- Para constancia, todas y cada una de las propuestas rubricarán todas las hojas de los Catálogos de Conceptos de - Trabajo y Precios Unitarios propuestas con sus importes - correspondientes presentados por los Postores; los que - junto con los demás documentos recibidos quedarán en poder de la Secretaría para su estudio y dictamen.
- 8).- Se levantará el acta correspondiente en la que se harán - constar las proposiciones recibidas con sus importes respectivos y, si el caso se presentara, se anotarán también las que hubiesen sido rechazadas por no satisfacer los requisitos estipulados en este Pliego de Especificaciones, - indicando el motivo de su descalificación. Una vez dada - lectura a dicha acta, será firmada por cada uno de los - asistentes.
- 9).- Se entregará a cada uno de los asistentes un tanto firmado del acta.

III - 7.- Prohibición de retiro de la Proposición

Una vez presentada la proposición, no podrá ser retirada por ningún motivo.

III - 8.- Revisión de las Proposiciones.

La Secretaría comprobará que el Postor ha cumplido con todos los requisitos establecidos en las Especificaciones del Concurso.

Los precios unitarios anotados por el Postor en el Catálogo de Precios se considerarán siempre en Moneda Nacional y serán revisados por la Secretaría en la forma siguiente: En caso de discrepancia entre los precios unitarios anotados con número y los anotados con letra, serán estos últimos los que se tomarán en cuenta, además en caso de encontrarse errores en las operaciones aritméticas, se reconocerá como correcto, el producto de la cantidad de trabajo impresa en el Catálogo por el precio unitario correspondiente anotado con letra. Respecto al importe total de la proposición, se tomarán en cuenta las correcciones que, de acuerdo con lo anterior, deben hacerse a los importes parciales, así como a la suma de ellos.

III - 9.- Derechos que se reserva la Secretaría.

La Secretaría se reserva los siguientes derechos :

- a).- De dispensar defectos de las proposiciones cuya importancia en sí sea secundaria y siempre que por naturaleza se demuestre que el Postor no obró tendenciosamente o de mala fé.
- b).- De rechazar las proposiciones cuando presenten erratas, errores de interpretación u otros, o cuando por otras circunstancias, a su juicio, no satisfagan los requisitos de la presente Convocatoria.
- c).- De rechazar las proposiciones cuyo importe total sea total forma baja que la Secretaría considere que el Postor no podrá ejecutar las obras sin pérdidas que se traduzcan en falta de cumplimiento al Contrato, o si contiene precios evidentemente desproporcionados o si discrepan de una manera inconveniente de los estudiados por la misma Secretaría.
- d).- De declarar desierto el concurso en el caso de que se presenten menos de tres proposiciones o, de que después del rechazo de alguna o algunas de las mismas, por no cumplir con los requisitos estipulados, sólo tengan derecho a participar en el concurso menos de tres proposiciones.

III - 10.- Descalificación de Pastores.

Además de las anteriormente citadas, será causa para descalificar a un Pastor, que éste presente varias proposiciones bajo el mismo o diferentes nombres, ya sea por sí mismo o formando parte de cualquier firma, Compañía o Asociación; que forme parte de una colusión o que sea ponga de acuerdo con otros Pastores para hacer subir los precios propuestos para el Contrato.

III - 11.- Decisión de la Secretaría relativo al concurso.

La decisión de la Secretaría para adjudicar, como resultado del concurso, el Contrato correspondiente será inapelable. La Secretaría adjudicará el Contrato al Pastor que, reuniendo las condiciones necesarias que garanticen el cumplimiento del mismo y la ejecución satisfactoria de la obra, presente la proposición más baja. Para ésto la Secretaría tomará en cuenta el equipo que propone utilizar el Pastor, la congruencia y factibilidad del programa que proponga, así como sus capacidades económicas, técnicas y administrativas para ejecutar el trabajo de acuerdo con las Especificaciones y dentro del plazo estipulado.

En vista de que la elección de las Empresas consideradas aptas para concursar fué basada solamente en la información original y de carácter general que proporcionaron al registrarse, y de que los datos que los Pastores entregaron en el concurso son ya concretos y mejor fundados, queda claramente estipulado que el hecho de haber sido invitada cualquier Empresa a participar en el concurso no significa que se considere ya definitivamente aceptada su capacidad real y efectiva para ejecutar la obra.

III - 12.- Comunicación de la decisión de la Secretaría y adjudicación del Contrato.

La decisión de la Secretaría relativa al concurso se dará a conocer a los Pastores en el Acto que se efectuará a la mayor brevedad posible en la fecha que oportunamente se les comunicará. En el mismo Acto será adjudicado el Contrato al Pastor agraciado, y salvo el caso de que se indique lo contrario, dicha adjudicación se considerará también como la orden para iniciar los trabajos.

III - 13.- Devolución de las garantías de seriedad de las Proposiciones.

En el acto a que se refiere la Cláusula anterior serán devueltas a los Pastores no triunfadores las garantías por éilos entregadas en el Acto de Recepción de Proposiciones. Al pastor triunfador a quien se le adjudique el Contrato, lo será devuelto su documento tan pronto como lo firme y presente la fianza que se estipula en el mismo.

III - 14.- Firma del Contrato.

El Postor al que le sea adjudicado el Contrato deberá firmarlo dentro de los 15 (quince) días siguientes a la fecha en que dicho documento le sea entregado, asimismo, deberá presentar la fianza que se estipula dentro de un plazo de 20 (veinte) días contados a partir de la fecha en que le sea entregado el ejemplar simple del Contrato.

III - 15.- No formalización del Contrato.

En caso de que el Postor al que se le adjudique el Contrato no lo firme o no presente la fianza estipulada dentro de los plazos señalados en la Cláusula anterior, ésta se considerará como nula y el documento que entregó en el Concurso como garantía de seriedad de su proposición se aplicará en beneficio de la Secretaría, no en calidad de pena, sino como indemnización por los perjuicios ocasionados.

III - 16.- Modelo del Contrato.

El Contrato que celebre la Secretaría con el Postor al que éste le haya sido adjudicado, será conforme al "Modelo de Contrato" de las "Bases y Normas Generales para la Contratación y Ejecución de Obras Públicas", el cual se verá adicionado por la Cláusula TRIGESIMA que se llama DESCUENTO PARA OBRAS Y SERVICIOS DE BENEFICIO SOCIAL: El Contratista se obliga a entregar a la DEPENDENCIA una cantidad equivalente al 1% (uno por ciento) del monto de la asignación fijada en la Cláusula Segunda del Contrato, durante el ejercicio fiscal del presente año, y en igual forma en el curso de los años subsiguientes en el caso de que se tenga que seguir ejerciendo el Contrato mediante nuevas asignaciones presupuestales, hasta la terminación de las obras amparadas por el mismo, cantidad o cantidades que, para dar cumplimiento al acuerdo presidencial del 12 de enero de 1972 para las Secretarías de Agricultura y Recursos Hídricos y de Hacienda y Crédito Público, la DEPENDENCIA destinará al desarrollo de los programas que tiene establecidos en materia de obras y servicios de beneficio social.

Para el efecto indicado, el CONTRATISTA acepta que la Tesorería de la Federación haga el descuento del 1% (uno por ciento) en la estimación cuyo importe, acumulada al de los anteriores que lo hayan sido presentados para su pago, rebasa del 50% (cincuenta por ciento) del monto de la asignación autorizada para el contrato en el ejercicio fiscal de que se trata.

III - 17.- Publicaciones, croquisos y planos que requirán en todo lo relacionado al Concurso.

Además de las cláusulas que en los Anexos de este Pliego se - -
citan, de las "Especificaciones Generales y Técnicas" de la an - -
tigua Secretaría de Recursos Hidráulicos, publicada en 1952, - -
Primera Edición; de los "Conceptos Principales de Trabajo" (tres
tomos) reimprisión 1976, regirán en todo lo relacionado con el
Concurso, los documentos y planos que se enlistan en el Capítu -
lo V - Lista de Anexos.

Dichas publicaciones las deberá adquirir la Empresa interesada -
en concursar, en la Dirección de Estadística e Información de -
la Subsecretaría de Infraestructura Hidráulica, situada en el -
Pasaje de la Reforma No. 77, Piso 8º, de la Ciudad de México.

IV. - ESPECIFICACIONES PARTICULARES DEL CONCURSO.

IV.1 DESCRIPCIÓN DE LA OBRA: La obra motivo del presente Concurso comprende el suministro de equipos electromecánicos en la OBRAS DE CONTROL Y EXIGENCIAS de la Tresa "EL COMERCIO", S.A. Los trabajos por ejecutar consisten en diseñar, fabricar, transportar, instalar, probar y pintar los siguientes equipos:

Cinco compuertas radiales de 9.00 m. de ancho por 13.00 m. de altura, cinco placas de asiento, diez guías laterales y 10 soportes con sus cjes correspondientes.

Además ocho piezas obturadoras de 9.55 m. de ancho por 1.72 m. de altura, diez guías laterales, cinco placas de asiento, una viga de enganche y una grúa viajera de pértico de operación eléctrica con dos ganchos de 7.5 toneladas de capacidad, la grúa viajera será diseñada, fabricada, probada en el taller, empaquetada, transportada y montada en la obra a satisfacción de la Secretaría.

IV.2. PLAZOS :

Los plazos para la iniciación y terminación de los trabajos son los siguientes, todos ellos contados a partir de la fecha del Contrato.

Plazo de iniciación de los trabajos de fabricación contados a partir de la fecha en que la Secretaría acepta los planos definitivos. - - - - - 15 días.

Plazo de terminación de los equipos instalados y operando a satisfacción de la Secretaría. - 31 de Mayo de 1980.

IV.3 PROGRAMA DE TRABAJO: En la presentación de este documento, el Postor deberá presentar únicamente un Programa de fabricación, transporte, instalación y prueba de los equipos por suministrar, utilizando el Método de la "Ruta Crítica" o de "Barras".

CFC: IC-78-2600-S
JFBA'JSC'HGL'apb

IV.4. CONCEPTOS DE TRABAJO PARA LOS QUE DEBE PRESENTARSE SU ANALISIS DE PRECIOS UNITARIOS.

Para los Analisis de precios que se presenten de acuerdo al DOCUMENTO 11 como a los precios que se propongan para los conceptos que aparecen en el Catálogo, deberán hacerse las siguientes consideraciones:

- a) SALARIOS: Estos serán los que rijan a la fecha de celebración del Acto de Recepción de Proposiciones.
- b) EQUIPO: Se estimarán las amortizaciones de acuerdo a la paridad que haya tenido nuestra moneda en relación al Dólar Americano el día 22 de Agosto de 1978.
- c) COMBUSTIBLE, GRASAS Y LUBRICANTES: Los gastos por este concepto serán los que rijan a la fecha de celebración del Acto de Recepción de Proposiciones.
- d) MATERIALES: Deberán ser costos actuales en la fecha del Concurso y la actualización correspondiente se efectuará conforme a lo indicado en el Índice "Materiales para Construcción" del "Índice de Precios al Mayorero en la Ciudad de México", de la Publicación Indicadores Económicos, editada por el Banco de México, S. A.

La Empresa participante deberá, de acuerdo al gravamen al Ingreso Mercantil que señalen las leyes del Estado donde se realizarán los trabajos, hacer las consideraciones que corresponden para que tal cargo quede incluido dentro de los precios unitarios que proponga para la ejecución de los trabajos.

Los precios unitarios cuyo análisis debe presentar el Postor son los correspondientes a los conceptos de trabajo siguientes:

- I. Suministro, fabricación y transporte hasta la obra, instalación, prueba y pintado de cinco con puertas radiales de acero estructural de 9.00 m. de ancho por 13.00 m. de altura, completas: incluyendo sellos de hule, tornillería y demás accesorios, para la obra de control y excedencias, de acuerdo con los planos Nos. 2116-C-956 al 959.
- II. Suministro, fabricación y transporte hasta la obra, instalación y pintado de cinco placas de asiento de acero estructural para las compuertas de la partida I según Plano No. 2116-C-958.
- III. Suministro, fabricación y transporte hasta la obra, instalación y pintado de diez guías latera

les de acero estructural para las compuertas de la partida I, según plano No. 2116-C-958.

- V. Suministro, fabricación y transporte hasta la obra, instalación, prueba y pintado de ocho piezas obturadoras de acero estructural, de 9.55 m. de ancho, por 1.72 m. de altura, incluyendo sello de hule, según plano No. 2116-C-953.
- VIII. Suministro, fabricación y transporte hasta la obra, prueba y pintado de una viga de enganche de acero estructural, para colocar e izar las piezas obturadoras de la partida V, de acuerdo con el plano No. 2116-C-955.
- IX. Diseño, suministro, fabricación y prueba en el taller, empaquetar, transportar hasta la obra, instalación en la obra, pintar y probar a satisfacción de la Secretaría de una grúa viajera de pórtico de operación eléctrica, con dos ganchos de 7.5 (siete punto cinco) toneladas de capacidad; para las maniobras de transportar, bajar e izar las piezas obturadoras de la partida V y un polipasto de dos (2) toneladas de capacidad de acuerdo con estas Especificaciones y con los planos de taller del fabricante, previamente aprobados por la Secretaría.

DOCUMENTOS ADICIONALES: Formarán parte de la documentación que el Postor debe entregar en el Acto de Recepción de Proposiciones los siguientes documentos:

DOCUMENTO I: Datos de pesos de cada una de las piezas por suministrar, así como sus características completas incluyendo refacciones y herramientas que se proporcionarán (por triplicado).

DOCUMENTO II: Instructivo de montaje, operación y mantenimiento de los equipos electromecánicos por suministrar (por triplicado).

DOCUMENTO III: Garantía escrita de buen funcionamiento de los equipos electromecánicos por suministrar y tiempo de garantía.

DOCUMENTO IV: Publicaciones y boletines correspondientes a los equi-

IMPORTANTE: FORMA DE PAGO: La Dependencia efectuará pagos parciales al Proveedor en el ejercicio del Contrato de conformidad con lo siguiente:

- PRIMERA ESTIMACION: 10%** Del importe total en la parte proporcional y conforme a la entrega de los planos de taller definitivos correspondientes a la fabricación de las piezas de los equipos electromecánicos a satisfacción de la Dependencia.
- SEGUNDA ESTIMACION: 20%** Del importe total en la parte proporcional y conforme a la disposición de la materia prima en fábrica y se inicie el proceso de fabricación de las piezas.
- TERCERA ESTIMACION: 30%** Del importe total en la parte proporcional y conforme a la prueba en fábrica de las piezas y su disposición de las mismas en L. A. B. Fábrica.
- CUARTA ESTIMACION: 10%** Del importe total en la parte proporcional conforme al traslado de las piezas hasta el sitio de su instalación.
- QUINTA ESTIMACION: 20%** Del importe total en la parte proporcional y conforme a la instalación y pruebas de las piezas de los equipos electromecánicos a satisfacción de la Dependencia.
- SEXTA ESTIMACION: 10%** Del importe total en la parte proporcional al ser aceptados finalmente en su totalidad los equipos electromecánicos por la Dependencia.

VI.- LISTA DE PLANOS ANEXOS AL PLIEGO DE ESPECIFICACIONES PARA EL CONCURSO.

<u>No. de Plano</u>	<u>DESCRIPCION</u>
<u>OBRA DE CONTROL Y EXCEDENCIAS:</u>	
2116-C-953	Obturadores. Plano Estructural.
2116-C-954	Obturadores. Instalación fija.
2116-C-955	Viga de enganche.
2116-C-956	Hoja de compuerta.
2116-C-957	Compuerta radial - Brazos. Vista de Conjunto.
2116-C-958	Compuerta radial - Instalación fija.

CTO: IC-78-260C-S

LISTA DE ANEXOS AL PLIEGO DE ESPECIFICACIONES PARA EL CONCURSO

- V-1 Este "Pliego de Especificaciones para el Concurso".
- V-2 Forma del Escrito-Proposición.
- V-3 Forma del Catálogo de Conceptos y Cantidades de Trabajo para Proposición de Precios Unitarios.
- V-4 "Especificaciones de los Conceptos de Trabajo".
- V-5 Modelo de Contrato.
- V-6 Ejemplo del Programa General de Trabajo ("Programa General de Obra y de Utilización de Equipo").
- V-7 Ejemplo del Resumen del Equipo Principal para el cumplimiento del Programa.
- V-8 Ejemplo de Equipo Básico.
- V-9 Forma para presentar el Programa de Trabajo y de Utilización de Equipo.
- V-10 Forma para presentar el Resumen del Equipo Principal para cumplimiento del Programa.
- V-11 Forma para presentar el Equipo Básico.
- V-12 Colección de Planos, que consta de los que se citan en la relación de las hojas siguientes.

- 20 -

No. de PlanoDESCRIPCIONOBRA DE CONTROL Y EXCEDENCIAS.

2116-C-959	Compuerta radial - Plano general:
2116-C-973	Grúa de pórtico - Anteproyecto.
2116-C-960	Obra de control y excedencias. Plano general.
2116-C-972	Obra de control y excedencias. Puente de manio- bras - Plano estructural.
2116-C-966	Obra de control y excedencias, Puente carretero Superestructura.
2116-C-965	Obra de control y excedencias - Disposición ge- neral de los puentes.

NOTA IMPORTANTE:

La Secretaría no proporcionará ningún material en el ejercicio del presente Contrato.

CONCURSO CONTRATO: IC-78-260C-S

JFBA'JSC'HCL'apb

DOCUMENTO "A".- DECLARACION DEL PROBABLE SITIO DE
IMPORTACION DE MAQUINARIA, REFAC-
CIONES, EQUIPO Y/O MATERIALES.

CONCURSO CONTRATO: IC-78-260C-S

C. ING. AMERICO VILLAREAL GUERRA
SUBSECRETARIO DE INFRAESTRUCTURA
HIDRAULICA.
PRESENTE.

Con la presente declaro estar enterado y conforme
en que de requerirse la importación de maquinaria, refacciones, --
equipo y/o materiales para la obra citada en antecedentes, ésta de
berá efectuarse de un País miembro y elegible del Banco Interameri-
cano de Desarrollo, institución que financiará parcialmente estas-
obras.

A t e n t a m e n t e .

Nota.- Este es un formato, el Postor deberá presentar este documen-
to en papel membretado de la Empresa.

DOCUMENTO "A".- DECLARACION DEL PROBABLE SITIO DE IMPORTACION DE MAQUINARIA, REFACCIONES, EQUIPO Y/O MATERIALES.

Para la correcta elaboración de su Proposición, el Postor deberá entregar el documento antes citado, el cual consistirá en una carta que la Empresa dirigirá a la Secretaría, indicando el País al cual recurrirán en caso de ser necesaria la importación de maquinaria, refacciones, equipo y/o materiales que se utilizarán en la presente Obra. Esta importación deberá hacerse de uno de los países miembros y elegibles del Banco Interamericano de Desarrollo (B.I.D.), Institución que financiará parcialmente esta obra, y los cuales se relacionan a continuación:

Argentina	Suiza	Indonesia
Austria	Trinidad y Tobago	Kenia
Barbados	Uruguay	República Popular de Laos.
Bélgica	Venezuela	Lesotho
Bolivia	Yugoslavia	Liberia
Brasil	Afganistán	Madagascar
Canadá	Alto Volta	Libia
Colombia	Argelia	Malasia
Costa Rica	Bahamas	Malawi
Chile	Bangladesh	Mali
Dinamarca	Benin	Marruecos
Ecuador	Birmania	Mauricio
El Salvador	Botswana	Mauritania
España	Burundi	Nepal
Estados Unidos	Cambodia	Niger
Finlandia	Camerún	Nigeria
Francia	Chad	Pakistán
Guatemala	China (Taiwan)	Papua Nueva Guinea
Guyana	Comoras	Rwanda
Haití	República Popular del Congo.	Saxon Occidental
Honduras	Corca del Sur	Senegal
Israel	Costa de Marfil	Seychelles
Italia	Egipto	Sierra Leona
Jamaica	Etiopía	Somalia
Japón	Fidji	Sri Lanka
México	Filipinas	Sudán
Nicaragua	Gabón	Surinam
Países Bajos	Gambia	Suazilandia
Panamá	Ghana	Tailandia
Paraguay	Grenada	Tanzania
Paré	Guinea	Togo
Reino Unido	Guinea - Bissau	Túnez
República Dominicana	Guinea Ecuatorial	Uganda
República Federal de Alemania.	Imperio Centrafricano	Zaire
Suecia	India	Zambia

JFPA/JSC:mdt

III-13.- ADICIONES ADICIONALES.

I.- Fuentes de Financiamiento.

Las Obras objeto del presente contrato serán financiadas parcialmente con Crédito del Banco Interamericano de Desarrollo, según préstamo No. 279-OC-ME.

Para tal efecto, el Postor deberá considerar incluido en los precios unitarios de su proposición, el suministro y colocación de tres letreros para identificación de la obra, uno de 2.00 x 4.50 m. y dos de 1.50 x 3.00 m. para ser colocados, de acuerdo a las instrucciones del Ingeniero, el primero en el camino de acceso a la obra y los segundos en el sitio de la obra. El texto correspondiente será proporcionado por el Ingeniero.

II.- Obligaciones del Contratista para con el Banco Interamericano de Desarrollo.

El Contratista a que sea adjudicado el Contrato se obliga a permitir a los funcionarios del Banco Interamericano de Desarrollo, la inspección de las obras motivo de dicho Contrato.

En caso de que el Postor sea una Empresa de nacionalidad extranjera, tal como se indica en la Cláusula III-5 Documento 2 de estas especificaciones, deberá presentar una declaración de que se someterá a las Leyes Mexicanas en todo lo que se relacione al Contrato y a la ejecución de las Obras y que se obliga a no invocar la protección del gobierno de su país o de cualquier otro país extranjera en lo concerniente a dicho contrato.

NOTA IMPORTANTE:
.....

PARA LA CORRECTA PRESENTACION DE SU PROPOSICION Y, PARA CUMPLIR CON LOS REQUISITOS DEL DOCUMENTO No. 5.- "CONSTANCIA DE REGISTRO EN LA SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO", LA EMPRESA PARTICIPANTE DEBERA ENTREGAR LA CORRESPONDIENTE AL AÑO DE 1978, O EN SU CASO EL COMPROBANTE DONDE CONSTA QUE FUE RECIBIDA LA DOCUMENTACION PARA SU REVISION Y APROBACION.

JFBA'JSC'AS'edb

México, D. F., a _____

C. SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y
RECURSOS HIDRAULICOS,
P A R T E N T E .

El suscrito, _____

en representación de la sociedad _____

_____ y por su propio derecho (en caso de actuar por sí mismo como persona física),
es informado con la invitación que le fué hecha por esa Secretaría en Oficio
Núm. _____ de fecha _____ para
participar en el concurso relativo a la construcción de las obras que a conti-
nuación se indican:

P R O P O N E

Construir, mediante el Contrato respectivo las Obras

de acuerdo con las Especificaciones, planos y pliegos que para éste objeto le -
dió a conocer esa Secretaría, y conforme a los conceptos, cantidades de trata-
jo aproximados y los precios unitarios contenidos en el catálogo que debidamente
se firmada se anexa a ésta proposición.

D E C L A R A

1º Que acepta, como compensación total por la ejecución
de las obras de que se trata, el pago de los importes que resulten de aplicar
los precios unitarios asentados en el catálogo anexo, a las cantidades de trata-
jo realmente ejecutadas en cada uno de los conceptos del mismo.

2º Que se ha enterado del contenido total del pliego
de Especificaciones para el concurso, así como de las Especificaciones de los
Conceptos de Trabajo y de los planos para la construcción de las Obras mencio-
nadas, acerca de los cuales expresa su entera conformidad; que ha visitado el
sitio en que se construirán las obras y que ha considerado el medio en que cu-
biere afectar la realización de los trabajos y que formula esta proposición -
con plena conciencia de todas las circunstancias mencionadas.

3° Que para el caso de que le sea adjudicado el Contrato nombré como representante en la Obra, y responsable directo de la ejecución correcta de la misma al C. Ing.

S E D E M P L I E M E N T E :

1° A firmar el Contrato que se formulará de acuerdo con el Modelo del mismo que le dió a conocer esa Secretaría, con los precios unitarios que se señalan en el Catálogo anexo a este escrito, dentro de los 15 (quince) días posteriores a la fecha en que el mismo le sea entregado.

2° A presentar a esa Secretaría, en el transcurso de los 20 (veinte) días siguientes a la fecha en que le sea entregado un ejemplar del Contrato, la fianza legal que, de acuerdo con las estipulaciones del Modelo de Contrato respectivo, deberá ser presentada dentro de ese plazo.

3° A iniciar y ejecutar los trabajos dentro del plazo que estipuló esa Secretaría en el Pliego de Especificaciones para el concurso.

4° En el caso de que el Postor no sea una persona física ni tampoco una Sociedad Mercantil constituida conforme a las Leyes de México, sino una Empresa Extranjera, utilizará este párrafo para proporcionar la forma en que contratará.

C O N V I E N E :

Que en caso de que le sea adjudicado el Contrato y no lo firme y/o no presente la fianza estipulada dentro del plazo fijado, la Secretaría tendrá derecho a hacer efectivo a favor de ella misma, como compensación por los daños y perjuicios que dichas faltas de cumplimiento le ocasionen, el documento que más adelante se describe y que entrega como garantía de seriedad en la presente proposición.

E N T R E G A :

DOCUMENTO No. 1.- Carta con la que se acredita la personalidad del representante del Postor que presenta esta proposición.

(Este documento no requiere presentarse cuando el Postor sea persona física y asista al Acto de Recepción de Proposiciones, o bien de que tratándose de una Sociedad Mercantil la persona que asista al Acto de Recepción de Proposiciones aparezca facultada para representar a la Sociedad en las Escrituras Constitutivas de la misma que deberá presentarse como documento No. 2)

DOCUMENTO No. 2.- La documentación con la que el Postor (siempre que se trata de una Sociedad Mercantil constituida de acuerdo con las Leyes de México) comprueba su existencia legal y su capacidad para contratar, -

de acuerdo con lo establecido en la Cláusula III-B, O número 2, del "Pliego de Especificaciones para el concurso".

(Este documento no se presentará cuando el Postor sea persona física).

DOCUMENTO No. 3.- El presente Escrito - Proposición.

DOCUMENTO No. 4.- La garantía de seriedad de esta Proposición, consiste en:

a favor de una Secretaría, la cual será devuelta, en caso de no resultar triunfadora en el concurso, en el Acto en que se dé a conocer la resolución de la Secretaría, o bien cuando se apruebe la fianza que deberá presentar en caso de haber resultado triunfador en el concurso.

DOCUMENTO No. 5.- Fotocopia de la constancia del registro vigente en el Padron de Contratistas de Obras Públicas, o de Proveedor en su caso, expedida por la Secretaría de Programación y Presupuesto.

(En el caso de que el Postor sea una Empresa extranjera que no tenga aún el registro mencionado, deberá proporcionar a continuación la información correspondiente a su constitución y datos pertinentes a su actuación).

DOCUMENTO No. 6.- Constancia de la visita al sitio de las Obras

DOCUMENTO No. 7.- El Catálogo de Conceptos y cantidades aproximadas de trabajo proporcionado por esa Secretaría, debidamente llenado con los precios unitarios correspondientes a esta Proposición.

DOCUMENTO No. 8.- Programa de trabajo y de Utilización de Equipo que se prepare para la realización de las Obras.

DOCUMENTO No. 9.- Resumen del Equipo Básico

DOCUMENTO No. 10.- Datos del Equipo Básico

DOCUMENTO No. 11.- Análisis de los precios unitarios correspondientes a los Conceptos de trabajo cuya presentación se solicita por esa Secretaría en el "Pliego de Especificaciones para el Concurso", Capítulo IV, Ítem 4, considerando:

- a).- Análisis del Cargo indirecto en porcentaje del cargo directo
- b).- Análisis del costo directo de operación de equipos básicos
- c).- Análisis del costo directo correspondiente a cada uno de los conceptos que se solicita, y resumen considerando el cargo indirecto para obtener el precio unitario para la proposición.

ATENTAMENTE

Nombre e Razón Social del Postor

Nombre y Firma del Representante
(Si se trata de una Empresa)

DATOS DE LA EMPRESA:

=====

REG. FED. DE CAUS. _____

REG. SRIA. DE AGRICULTURA Y RECURSOS - -
HIDRAULICOS _____

PROVEEDOR
REG. SRIA. DE PROGRAMACION Y
PRESUPUESTO _____

FECHA DEL REGISTRO EN EL DIRECTORIO DE CONTROL DE LA DIRECCION GENERAL
DE ESTADISTICA DE LA SECRETARIA DE PROGRAMACION Y PRESUPUESTO _____

DATOS DE LA ESCRITURA CONSTITUTIVA DE LA EMPRESA DENOMINADA _____

No. y fecha de la Escritura _____

Otorgada ante el Notario Público No. _____ de la Cd. de _____

Nombre del Notario Público _____

DATOS DEL REPRESENTANTE DE LA EMPRESA QUE FIRMARA EL CONTRATO QUE ESTA
DEBIDAMENTE AUTORIZADO EN LA ESCRITURA CONSTITUTIVA DE LA SOCIEDAD.

NOMBRE Y FIRMA. CARGO DENTRO DE LA SOCIEDAD

DIRECCION QUE SEÑALA EL POSTOR PARA RECIBIR NOTIFICACIONES _____

TEL (S) _____

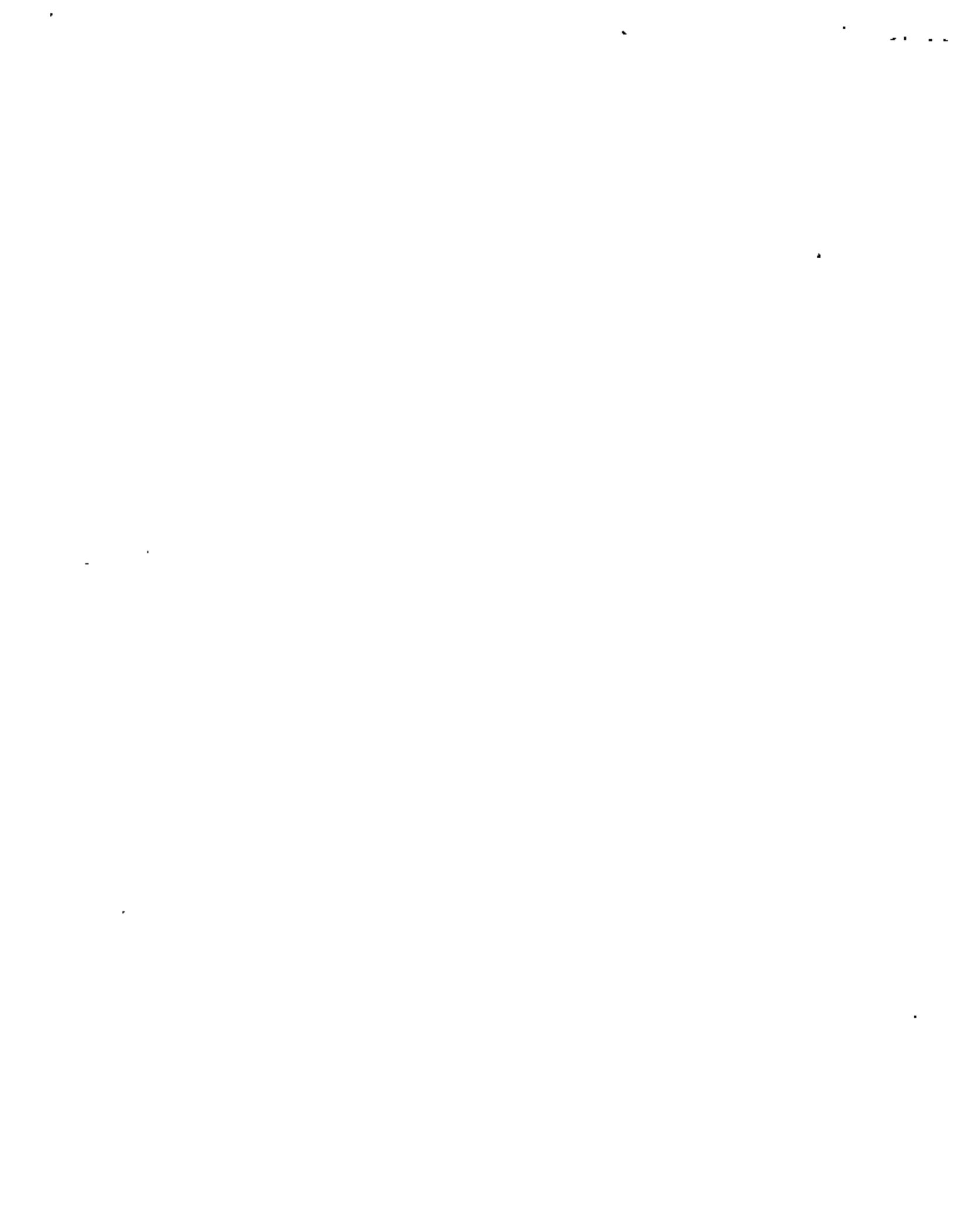
ENCONTRANDOSE LAS OFICINAS CENTRALES DE LA EMPRESA FUERA DEL DISTRITO
FEDERAL, SE PROPORCIONAN LOS DATOS SIGUIENTES:

NOMBRE DEL REPRESENTANTE EN EL DISTRITO FEDERAL: _____

DIRECCION: _____

TELEFONO: _____

PROG. SRIA. DE AGRICULTURA Y RECURSOS





centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam



PLANEACION, DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PRESAS

BASES Y LINEAMIENTOS GENERALES PARA LA FORMULACION E INTEGRACION DE
LAS NORMAS Y ESPECIFICACIONES DE LAS OBRAS PUBLICAS

ING. CARLOS OROZCO Y OROZCO

FEBRERO, 1980

SECCION 6

BASES Y LINEAMIENTOS GENERALES PARA LA FORMULACION E INTEGRACION DE LAS NORMAS Y ESPECIFICACIONES DE LAS OBRAS PUBLICAS.

6.1. GENERALIDADES.

6.1.1. Las dependencias responsables que tengan a su cargo la ejecución de obras públicas, deberán elaborar sus respectivas normas, de acuerdo con lo que se establece en esta Sección 6 y será tarea permanente de las propias dependencias la revisión y actualización de las que hayan formulado, en tanto las Secretarías de Asentamientos Humanos y Obras Públicas y de Programación y Presupuesto determinen las Normas para la Ejecución de Obras Públicas a que se sujetarán todas las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal.

A fin de cumplir las disposiciones relativas a la Ley de Inspección de Contratos y Obras Públicas, es indispensable que existan, para todos y cada uno de los conceptos de trabajo que integran las obras públicas, las normas y especificaciones correspondientes, mismas que formarán parte de los contratos.

El propósito de elaborar las normas, es simplificar el trabajo y uniformar criterios, para evitar que las especificaciones relativas a un tipo determinado de obras que se ejecutan con frecuencia, tengan que elaborarse en cada caso. Las normas contemplarán el mayor número de casos de aplicabilidad, para reducir al mínimo la elaboración de especificaciones.

La terminología general y las expresiones convencionales usadas en las normas y especificaciones de cada dependencia, será uniforme, para su correcta interpretación.

Quando se ejecuten trabajos de conservación o mantenimiento mediante contrato, regirán las normas que correspondan de las contenidas en los libros que se mencionan en la Norma 6.2.1., o se elaborarán las especificaciones que se requieran.

Quando eventualmente una dependencia ejecute obras que, por su finalidad y características, sean de las que normalmente tiene a su cargo otra dependencia, la primera deberá adoptar, en lo que corresponda, las normas y especificaciones establecidas por la segunda.

Cuando la Secretaría de Programación y Presupuesto o cualquier dependencia considere que existen diferencias entre las normas y especificaciones relativas a un mismo concepto de trabajo, en distintas dependencias, lo comunicará a la Comisión Técnico-Consultiva de Contratos y Obras Públicas, para que ésta las estudie y emita su opinión.

6.2. INTEGRACION DE LAS NORMAS DE OBRA PUBLICA.

6.2.1. Libros

Las normas se integrarán en libros como sigue:

1. - Índice y Terminología
2. - Normas para Estudios y Proyectos.
3. - Normas para Construcción e Instalación.
4. - Normas de Calidad de los Materiales que se usen en la Ejecución de las Obras.
5. - Normas de Calidad de los Equipos y Mecanismos que pase a formar parte de las Obras.
6. - Normas para Muestreo y Pruebas de los materiales, Equipos y Mecanismos. Estas normas corresponderán a los materiales, equipos y mecanismos incluidos en los libros 4 y 5.

6.2.2. Formato.

Las normas podrán agruparse en PARTES que se referirán a la clasificación de las obras que establezca cada dependencia.

Las normas se identificarán con tres grupos de dígitos de la siguiente manera: 0.000,00

- a) El primer dígito indicará si se trata de una norma de proyecto o de construcción, etc., por lo que será de 2 a 6 de acuerdo a la Norma 6.2.1.
- b) Los tres dígitos siguientes corresponderán a la clasificación de las obras de cada dependencia.

c) Los dos últimos dígitos que corresponderán al orden consecutivo dentro de cada tipo de obra, material o equipo.

6.2.3. División.

Las normas se dividirán en CLAUSULAS, FRACCIONES, INCISOS Y PARRAFOS, siguiendo un orden lógico, para mayor claridad.

6.2.4. Numeración.

Para efectos de codificación las CLAUSULAS, FRACCIONES, INCISOS Y PARRAFOS, se identificarán con un sistema alfa-numérico, de la manera siguiente:

Cláusula: Una letra mayúscula, ejemplo: A.

Fracción: Dos dígitos después de la letra de la cláusula, ejemplo: A.01.

Inciso: Una letra minúscula después de los dígitos de la fracción, ejemplo: A.01. a.

Párrafo: Dos dígitos después de la letra del inciso, ejemplo: A.01. a.01.

6.3. LIBRO DE INDICE Y TERMINOLOGIA.

Este libro se redactará con los índices de los libros 2 al 6 de la Norma 6.2.1. y las definiciones de los términos que se juzguen necesarios.

6.4. LIBRO DE NORMAS PARA ESTUDIOS Y PROYECTOS:

Este libro se integrará de acuerdo a los criterios mencionados en las Normas 6.2.2., 6.2.3. y 6.2.4. y con los que se indican a continuación:

6.4.1. Las cláusulas que integren una norma, se establecerán en cada caso, para su mejor descripción, de acuerdo con el tipo de proyecto de que se trate.

6.4.2. Cada norma deberá tener siempre, las cláusulas de definiciones y referencias, además de las propias de acuerdo con el tipo de proyecto.

abastecimiento de dichos materiales, y a requisitos para su transporte, almacenamiento y manejo. Se hará referencia a las normas de calidad, muestreo y pruebas que sean aplicables.

6.5.5. Equipos. - En esta cláusula, cuando los trabajos a que se refieran las normas incluyan la fabricación, armado e instalación de los equipos mecánicos, eléctrico o de proceso, se señalarán los requisitos que sean aplicables respecto a su inspección, transporte, almacenamiento, manejo e instalación en obra. Se hará referencia a las normas aplicables de fabricación y calidad.

6.5.6. Requisitos de Ejecución. - Esta cláusula fijará los requisitos esenciales de los procesos constructivos, las características que debe tener el trabajo terminado, incluyendo las tolerancias aceptables, y en su caso, las que debe tener el trabajo en diferentes etapas del mismo, y los requisitos de seguridad durante la ejecución de la obra.

6.5.7. Conceptos de Trabajo. - En esta cláusula se describen los conceptos a que se refiere la norma para fines de estimación y pago, detallando con precisión todos los materiales, equipos y operaciones que incluya cada concepto de trabajo.

6.5.8. Criterios de Medición. - Esta cláusula tiene por objeto fijar las unidades de medida, la aproximación de los resultados y los procedimientos para determinar las cantidades de obra, para efectos de pago.

6.6. LIBRO DE NORMAS DE CALIDAD DE LOS MATERIALES QUE SE USEN EN LA EJECUCION DE LAS OBRAS.

Este libro se integrará de acuerdo a los criterios mencionados en las Normas 6.2.2., 6.2.3. y 6.2.4. y con los que se indican a continuación:

6.6.1. Cláusulas. - Las cláusulas que integrarán cada norma podrán referirse a:

Definiciones.

Referencias.

Clasificación.

Requisitos de Calidad.

6.2.2. Definiciones. - Esta cláusula tendrá por objeto determinar con precisión los materiales a que se refiere la norma, su uso y terminología propia, correspondiendo a la división de la cláusula, las fracciones de alcance y terminología, respectivamente.

6.6.3. Referencias. - Esta cláusula tiene por objeto relacionar el tema tratado en una norma con los considerados en otras, que puedan tener aplicación, para evitar repeticiones;

6.6.4. Clasificación. - En esta cláusula se establecerá la clasificación conveniente de los materiales de que se trate la norma.

6.6.5. Requisitos de Calidad. - En esta cláusula se establecerán las propiedades y características que deben cumplir los materiales; las pruebas con que se determinarán dichas propiedades y características, las tolerancias respectivas, los requisitos de empaque, almacenamiento, identificación y manejo.

6.7. LIBRO DE NORMAS DE CALIDAD DE LOS EQUIPOS Y MECANISMOS QUE PASEN A FORMAR PARTE DE LAS OBRAS.

Este libro se integrará de acuerdo a los criterios mencionados en las Normas 6.2.2, 6.2.3. y 6.2.4. y con los que se indican a continuación:

6.7.1. Las cláusulas que integrarán cada norma podrán referirse a:

Definiciones.

Referencias.

Clasificación.

Requisitos de Calidad.

6.7.2. Definiciones. - Esta cláusula tendrá por objeto determinar con precisión los equipos y mecanismos a que se refiere la norma, su uso y terminología propia, correspondiendo a la división de la cláusula las fracciones, alcances y terminología, respectivamente.

6.7.3. Referencias. - Esta cláusula tiene por objeto relacionar el tema tratado en una norma con los considerados en otras, que puedan tener aplicación, para evitar repeticiones.

6.7.4. Clasificación. - En esta cláusula se establecerá la clasificación conveniente de equipos y mecanismos de que trate la norma.

6.7.5. Requisitos de Calidad. - Esta cláusula, servirá para fijar las propiedades y características que deben tener los equipos y mecanismos; las pruebas con que se determinarán dichas propiedades y características; las tolerancias respectivas y los requisitos de empaque, almacenamiento, identificación y manejo.

6.8. LIBRO DE NORMAS PARA MUESTREO Y PRUEBAS DE LOS MATERIALES, EQUIPOS Y MECANISMOS.

Este libro se integrará de acuerdo a los criterios mencionados en las Normas 6.2.2., 6.2.3. y 6.2.4. y con los que se indican a continuación:

6.8.1. Las cláusulas que integrarán cada norma podrán referirse a:

Definiciones.

Referencias.

Obtención de las Muestras.

Pruebas.

6.8.2. Definiciones. - Esta cláusula tendrá por objeto determinar con precisión las pruebas a que se refiere la norma y su terminología propia, correspondiendo a la división de la cláusula, las fracciones, alcance y terminología respectivamente.

6.8.3. Referencias. - Esta cláusula tiene por objeto relacionar el tema tratado en una norma con los considerados en otras, que puedan tener aplicación, para evitar repeticiones.

6.8.4. Obtención de las Muestras. - Esta cláusula se referirá a los métodos para obtener muestras de los materiales, equipos o mecanismos, número de ellas en proporción a la cantidad de unidades, preparación de las mismas, forma en que se deban envasar, identificar, transportar y conservar.

6.8.5. Pruebas. - En esta cláusula se describirá el modo en que deban prepararse las muestras, el número de pruebas, los distintos métodos para efectuarlas, la descripción y características de los

aparatos utilizados, el registro, interpretación de los resultados, y las tolerancias para aceptación de la prueba.

6.9 INTEGRACION DE LAS ESPECIFICACIONES.

6.9.1. Las especificaciones se clasificarán de la manera siguiente:

- . Especificaciones para Estudios y Proyectos.
- . Especificaciones para Construcción e Instalación.
- . Especificaciones de Calidad de los Materiales.
- . Especificaciones de Calidad de los Equipos y Mecanismos.
- . Especificaciones para Muestreo y Pruebas de los Materiales, Equipos y Mecanismos.

6.9.2. Formato.

Las especificaciones se dividirán en Cláusulas, Fracciones, Incisos y Párrafos siguiendo un orden lógico, para mayor claridad. Al redactar las especificaciones, deberá seguirse el mismo criterio indicado en las Normas 6.2., tanto para su integración como para su contenido

6.9.3. Al redactar las especificaciones, deberán hacerse las referencias convenientes a las normas que correspondan. Cuando ésto no proceda, las especificaciones deberán cubrir todos los requisitos para la realización de los trabajos.

6.9.4. Las especificaciones deberán cubrir, entre otros, los aspectos siguientes:

Requisitos especiales de los trabajos.

Responsabilidades especiales del contratista.

Todos aquellos detalles no previstos en las normas, sus adiciones o modificaciones.



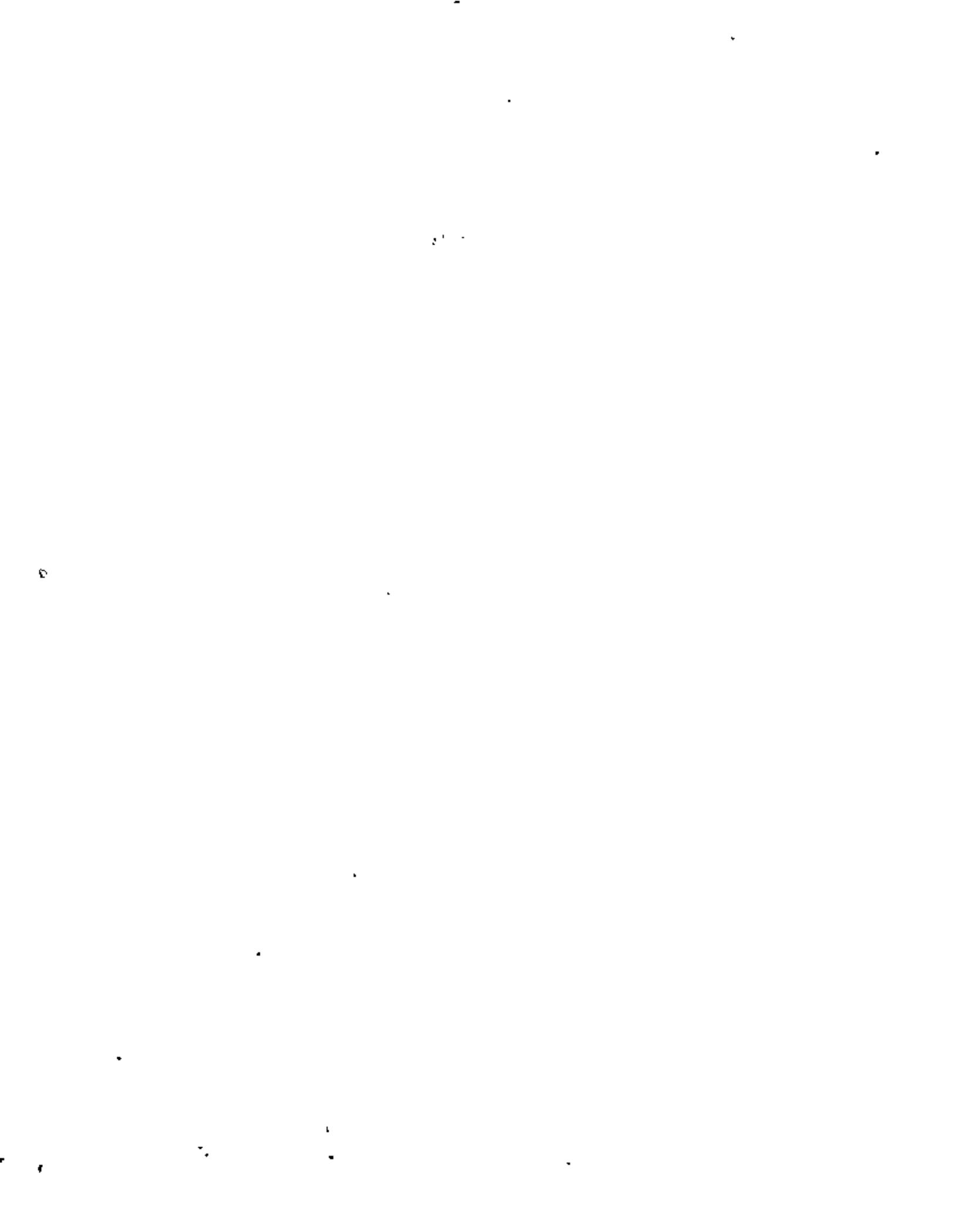
centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam



PLANEACION, DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PRESAS

ESPECIFICACIONES TECNICAS PARA EL SUMINISTRO E INSTALACION
DE COMPUERTAS RADIALES Y DESLIZANTES, MALACATES Y MECANIS-
MOS, OBTURADORES, MARCOS, VIGA DE ENGANCHE Y GRUA

FEBRERO, 1980



PROYECTO DE LA PRESA " LA PURISIMA ", GTO.

ESPECIFICACIONES DE EQUIPO
ESPECIFICACIONES TECNICAS.

1. GENERALIDADES

1.1 Equipo que se pide

De acuerdo con las especificaciones contenidas en este capítulo y según se muestra en los planos, el fabricante deberá:

- a) Fabricar, transportar hasta la obra, instalar, probar y pintar 3 (tres) compuertas radiales de acero estructural de 3.50 m de ancho por 5.37m de altura, completas, incluyendo sellos de hule, tornillería y demás accesorios, para la obra de control y excedencias, de acuerdo a los planos 822-C-127 y 128.
- b) Fabricar, transportar, instalar y pintar 3 (tres) placas de asiento de acero estructural para las compuertas mencionadas en el inciso a) según plano 822-C-129
- c) Fabricar, transportar, instalar en la obra y -- pintar 6 (seis) guías laterales de acero estructural para las compuertas mencionadas en el inciso a) según plano 822-C-129
- d) Fabricar, transportar, instalar en la obra y -- pintar 6 (seis) soportes, con sus ejes correspondientes, de acero estructural, completos, -- incluyendo sus accesorios para nivelación, ajuste y anclaje, para las compuertas mencionadas en el inciso a), según plano 822-C-128
- e) Fabricar, transportar, instalar, probar y pintar 3 (tres) malacates de operación eléctrica de -- 15 ton de capacidad, completos, incluyendo motor y reductor central, reductores laterales, bases, cubiertas, cables de izaje, indicador -- mecánico de la posición de la compuerta, operación manual de emergencia, interruptores de límite, etc., para las compuertas mencionadas en el inciso a), según planos CM-C-427, 428, 429,-

430, 431 y 515 y los del fabricante, previamente aprobados por la Secretaría, y plano de instalación 822-C-130.

- f) Fabricar, transportar, instalar, probar y pintar 5 (cinco) agujas obturadoras, de acero estructural de 3.50 m de ancho por 1.00 m de altura, incluyendo sellos de hule, según planos 822-C-131 y 134. (Una aguja, la inferior, llevará válvula de charnela).
- g) Fabricar, transportar, instalar y pintar 6 (seis) guías laterales de acero estructural, incluyendo sus anclajes, para las piezas obturadoras mencionados en el inciso f), según plano 822-C-133.
- h) Fabricar, transportar, instalar y pintar 3 (tres) placas de asiento de acero estructural para las piezas obturadoras del inciso f), según plano - - 822-C-133.
- i) Fabricar, transportar, probar y pintar una viga - de enganche de acero estructural, para colocar e izar las piezas obturadoras del inciso f), de - - acuerdo al plano 822-C-132.
- j) Fabricar, transportar, instalar, probar y pintar una grúa de pórtico de operación manual, de acero estructural, con base de 1.22 m de ancho por 1.80 m de longitud y 2.90 m de altura, incluyendo un - polipasto de 1.5 ton de capacidad para las maniobras de transportar, bajar e izar los obturadores del inciso f), según plano 822-C-135.
- k) Fabricar, transportar, instalar, probar y pintar 2 (dos) compuertas deslizantes de ruedas, de acero estructural, de 2.00 m de ancho por 3.00 m de altura, para la obra de desvío, según plano - - 822-C-119.
- l) Fabricar, transportar, instalar y pintar 2 (dos) marcos de acero estructural, para las compuertas del inciso k), según plano 822-C-120.

- m) Fabricar, transportar, instalar, probar y pintar - 2 (dos) juegos de vástagos de 101.6 mm de diámetro, de acero, completos con 6 (seis) coples y 8 (ocho) guías de fierro fundido para izar y bajar las compuertas del inciso k), según plano 822-C-121.
- n) Fabricar, transportar, instalar, probar y pintar - 4 (cuatro) compuertas deslizantes de ruedas, de acero estructural, de 1.50 m de ancho por 1.50 m de altura, para la obra de toma, según planos 822-C-122 y 123.
- o) Fabricar, transportar, instalar y pintar 4 (cuatro) marcos de acero estructural, para las compuertas del inciso n), según plano 822-C-124.
- p) Fabricar, transportar, instalar, probar y pintar - 4 (cuatro) juegos de vástagos con combinaciones de 101.6 mm y 76.2 mm de diámetro, de acero, completos con 4 (cuatro) coples de 101.6 a 76.2 mm, y 8 (ocho) coples de 76.2 mm de diámetro y 12 (doce) guías de 101.6 mm. y 20 (veinte) de 76.2 mm, para izar y bajar las compuertas del inciso n), según plano 822-C-125. (Dos tramos de vástago de 101.6 mm de diámetro, de 6817 mm de longitud, se rescatarán junto con los dos mecanismos, de la obra de desvío).
- q) Fabricar, transportar, pintar e instalar 4 (cuatro) sistemas de resortes compensadores para absorber la dilatación de los vástagos del inciso p), según plano 822-C-126.
- r) Fabricar, transportar, instalar, probar y pintar - 4 (cuatro) mecanismos de 23 ton. de capacidad, para vástago de 101.6 mm de diámetro, de operación eléctrica, incluyendo interruptores límite, indicador de posición de las compuertas mencionadas en el inciso n), según planos TM-C-448, 449, 450 y 451. (Dos de estos mecanismos se utilizarán inicialmente en la obra de desvío para operar las compuertas del inciso k).

- s) Suministrar un juego completo de herramientas para el ajuste y mantenimiento de los equipos arriba --mencionados. Estas herramientas deberán ser colocadas ordenadamente en armarios que se conservarán en la caseta de control de la obra.

- t) Suministrar los siguientes repuestos:
 - I) El cinco por ciento de todos los pernos, tuercas y arandelas .
 - II) Un motor para los malacates.
 - III) Un lote de cable para un malacate de 15 ton.
 - IV) Un motor para los mecanismos de 23 ton.
 - V) Un juego de sellos de hule para cada lote de -- las compuertas radiales y deslizantes y otro pa ra un obturador.

1.1.1 Catálogo de conceptos.

El fabricante debe presentar:

- a) Un catálogo de precios del equipo mencionado en 1.1, que incluya partidas, cantidades, descripción y costos parciales del equipo L.A.B. fábrica; costo total de fabricación del equipo L.A.B. fábrica; importe total de fletes y seguros hasta la obra; importe total de instalación y pruebas de funcionamiento; importe total de limpieza con chorro de arena y pintura de acuerdo con las especificaciones; e importe total deeequipo ya instalado y probado a satisfacción de la S.A.R.H.

- b) Los pesos estimados del equipo mencionado en 1.1, incluyendo los indicadores de posición de los malaca-tes.

- c) Los precios unitarios del equipo de 1.1, en pesos/kg, de las partidas mencionadas en a).

- d) Los plazos de entrega del equipo de 1.1, en la obra, en días de calendario.

- e) Los plazos de instalación y pruebas parciales y totales de todo el equipo de l.l, hasta ser recibidos a satisfacción por la S.A.R.H.

1.2 Planos, datos e instrucciones al fabricante

1.2.1 Planos de concurso

Los planos de concurso de las compuertas, las piezas obturadoras, placas laterales, placas de asiento, marcos, viga de enganche, mecanismos, malacates y grúa de pórtico muestran en detalle el tipo de construcción que se requiere y a ellos deberá sujetarse al fabricante, salvo que éste proponga modificaciones que hayan sido previamente aceptadas por la Secretaría.

1.2.2 Obligaciones del fabricante.

Los planos mencionados arriba muestran la disposición de los elementos que forman cada equipo, así como las dimensiones y ajustes de los mismos, los cuales deberán ser respetados. El fabricante tiene la obligación de revisar cuidadosamente los planos del proyecto y en caso de necesitarlo, laborará planos de taller que faciliten la fabricación de los equipos. Estos planos de taller deberán ser previamente aprobados por la Secretaría. El fabricante es el único responsable en el ajuste y unión, así como en la instalación de los equipos y sus accesorios.

1.3 Materiales

1.3.1 Calidad

Todos los materiales que formen parte de los equipos deberán ser comercialmente de primera clase; de primer uso y estarán libres de defectos e imperfecciones. Cuando se indique, deberán tener las clasificaciones y grado designados. Los materiales que no se designen específicamente aquí, serán los adecuados para el fin a que se destinen y deberán cumplir con las últimas especificaciones de la D.G. N. o de la A.S.T.M.

1.3.2 Requisitos, normas y especificaciones.

Los materiales para los equipos suministrados por el fabricante deberán cumplir con los requisitos de las siguientes normas o con las nacionales que sean equivalentes:

Materiales	Normas
1. Acero estructural	ASTM-A36 "Specifications for Structural Steel".
2. Pernos, tuercas y arandelas de acero.	ASTM-A307 "Specifications for steel for Bridges -- and Buildings".
3. Planchas, pernos, tuercas y arandelas de acero resistente a la corrosión.	ASTM-A276 "Specifications for Hot-rolled and cold Finished Corrosion Resisting Steel, Type 316".
4. Pernos, tuercas y arandelas de alta resistencia.	ASTM-A325 "Specifications for High Strength Steel Bolts for Structural Steel Joints, including Suitable Nuts and Plain Hardened Washers".
5. Arandelas de presión	Acero de resortes, dimensiones SAE Serie Regular
6. Acero forjado	ASTM-A235 "Specifications for Carbon Steel Forgings for General Industrial - Use" Clase E, o. ASTM-A237 "Specifications for Alloy Steel Forgings for General Industrial - Use" Clase E.
7. Flachas	ASTM-A108 "Cold-Finished and Carbon Steel Bars - and Shafting".
8. Acero Fundido	ASTM-A27 "Specifications for Mild to Medium-Strength Carbon Steel Castings for General Application" Grado 65-35.

Materiales

Normas

- 9. Empaques
- 10. Accesorios de lubricación
- 11. Bronce para chumaceras y bujes (excepto los de la compuerta)
- 12. Anillos de retención
- 13. Sellos de hule

Neopreno 25.

Alemite tipo A-1188 o si milar.

ASTM-B144 "Specifications for High Leaded Tin-Bronce Sand Castings"
Aleación 3A.

"Waldes Truarc Retaining rings". Tipo 420.

Los sellos de hule para las compuertas deberán fabricarse de un compuesto de alta calidad. El polímero básico deberá - ser caucho natural, un - copolímero de butadieno y estireno, o una mezcla de ambos.

El compuesto no deberá - contener menos del 70%, por volumen, del polímero básico, y el resto deberá consistir en refuerzos de negro de humo, óxido de zinc, aceleradores, - antioxidantes, agentes - vulcanizantes y plastificadores. El compuesto - deberá tener las caracteristicas siguientes:

Propiedades físicas

Pruebas

- a- Resistencia mínima tensión: 211 kg/cm² (3 000psi)
- b- Alargamiento mínimo en el momento de ruptura 450%

ASTM-D412 "Methods of Tension Testing of Vulcanized Rubber (Tentative)

ASTM-D412 "Methods of Tension Testing of Vulcanized Rubber (Tentative)."

Propiedades físicas	Pruebas
c- Durómetro Shore (Tipo A) - 60, 70	ASTM-D676 "Methods of Test for Indentation of Rubber by Means of a Durometer - (Tentative)".
d- Gravedad específica: 1.15 ^{+0.03} -0.00	
e- Absorción máxima de agua por peso: 5%	Dos días a 70° C.
f) Deformación permanente máxima compresión (deflexión constante): 30% de la deflexión original.	ASTM-D395 "Methods of Test for Compression set of vulcanized Rubber". Método B.
g- Resistencia mínima a la tracción después del envejecimiento en bomba de oxígeno (48 horas, 70°C): 80% de la resistencia a la tracción antes del envejecimiento.	ASTM-D572 "Method of Test for accelerated Aging or Vulcanized Rubber by the Oxygen Pressure Method".

Materiales

Normas

14. Bujes de bronce para ojo de rotación de las compuertas.	"Cast Aluminum Bronze" -- S.A.E. Standard No. 68 o F.C.-QQ-L-225 composición B.
15. Fierro fundido	A48 Clase 25.
16. Bronce fosforado	SAE65 No. Brín 65 min.

Los nombres de los fabricantes de los materiales, artículos y aparatos que se piensen emplear en la fabricación del equipo, junto con datos de rendimiento, capacidades y otras informaciones importantes relativas a los equipos deberán ser sometidos a aprobación. Los equipos, materiales y artículos que se instalen o utilicen sin dicha aprobación correrán el riesgo de ser rechazados posteriormente.

1.4 Pruebas de materiales

A menos que se ordene lo contrario, los materiales, partes y ensamblajes de los mismos, que se incorporan al equipo deberán probarse de acuerdo con el mejor método comercial -

para el tipo y la clase particular de trabajo. En caso de que el fabricante desee emplear algún material existente que no -- haya sido fabricado específicamente para el equipo suministrado, deberá presentar pruebas satisfactorias de que dicho material está de acuerdo con los requisitos aquí establecidos, y en este caso podrán dispensarse los ensayos correspondientes. Los informes de las pruebas de planchas y perfiles, certificados por los fabricantes, se consideran aceptables.

1.4.1 Informes sobre las pruebas

Tan pronto como sea posible, después de realizadas las pruebas, deberán suministrarse copias certificadas, por triplicado, de los informes sobre dichas pruebas. Los resultados de los ensayos deberán permitir determinar si el material probado cumple con las especificaciones aplicables a dicho material. Cuando se requiera, todos los ensayos o pruebas deberán hacerse en presencia de un inspector debidamente autorizado por la S.A.R.H.

1.5 Manufactura

1.5.1 Soldadura eléctrica

1.5.1.1. Requisitos mínimos.- Todas las soldaduras deberán ser continuas e impermeables. El espesor mínimo de las soldaduras de filete deberá ser de 5 mm.

1.5.1.2 Preparación.- Los miembros que vayan a unirse mediante soldadura deberán cortarse exactamente a su tamaño, y deberán tener los bordes acabados por corte en frío, corte con soplete o a máquina, a fin de adaptarse al tipo de soldadura requrida, y de permitir una penetración completa. Las superficies de planchas que vayan a unirse mediante soldadura deberán estar libres de óxido, grasa y otras materias indeseables, en toda la longitud de los bordes preparados para soldarse.

1.5.1.3 Especificaciones.- La técnica de soldadura empleada, la apariencia y la calidad de las soldaduras realizadas y los métodos usados para corregir los defectos de trabajo deberán estar de acuerdo con el código de la AWS " Standard Specifications for Welded Highway Bridges, Design and Repair".

Eliminación de esfuerzos internos. El conjunto del ojo de rotación de las compuertas deberá tratarse térmicamente para eliminar los esfuerzos producidos por la soldadura, antes de soldarse a los brazos, así como también la estructura de soporte del perno.

1.5.1.4 Pruebas a soldaduras.- Las normas de aceptabilidad de las soldaduras serán las que aparecen en la parte V, Párrafo - A.2 y Parte VIII, Párrafo D.3, de la publicación del Estado de California: "Department of Public Works, Division of Highways, Material and Research Department" Test Method No. Calif. 601-C

de enero de 1959. El costo de los exámenes iniciales mediante radiografías, así como cualquier examen adicional mediante radiografías, que se requieran para comprobar la aceptabilidad de soldaduras reparadas, correrá por cuenta del fabricante, -- quien también deberá prestar la colaboración que sea necesaria para llevar a cabo dichas pruebas.

1.5.1.5 Calificación de soldadores.- Todos los soldadores y operadores de soldadura que se asignen al trabajo deberán, dentro de los 6 meses previos a su asignación, haber pasado por una prueba de calificación para soldadores y operadores de soldadura de acuerdo con los procedimientos de la AWS "Qualifications Procedure". El fabricante deberá suministrar a la Secretaría copias certificadas de los informes de los resultados de los ensayos físicos realizados con las muestras soldadas durante las pruebas de calificación. El costo de las pruebas de calificación de los soldadores y operadores de soldadura correrá por cuenta del fabricante.

1.5.2 Trabajo estructural

A menos que se especifique lo contrario, el proyecto y la fabricación de las partes estructurales deberán conformar con las disposiciones aplicables de "Specification for the Design, Fabrication and Erection of Structural Steel in Buildings" del código del AISC "Standard Practice for Steel Buildings and Bridges" o con las Normas Nacionales equivalentes.

1.5.3 Trabajo a máquina

1.5.3.1 Generalidades.- Todas las tolerancias, holguras y dispositivos de calibración de los ajustes entre piezas de metal lisas (sin rosca) cilíndricas, deberán conformar con la Norma B44-1955 de la ASA "Preferred Limits and Fits for Cylindrical Parts", para la clase de ajuste que se muestre o que sea requerido para su buen funcionamiento. Las superficies de contacto o de apoyo deberán ser lo suficientemente exactas para asegurar un contacto total. Las superficies de muñones y las superficies deslizantes deberán pulirse según se muestra en los planos y todas las superficies deberán acabarse hasta quedar lo suficientemente lisas y exactas para asegurar una operación adecuada después que estén ensambladas. Las partes integrantes de cualquier mecanismo deberán ser cuidadosa y exactamente acabadas a máquina. Todos los orificios perforados para pernos deberán quedar ubicados exactamente, y deberán perforarse usando una plantilla.

1.5.3.2 Acabado a máquina.- Cuando en los planos aprobados se especifique superficies acabadas a máquina y no se indique el tipo de acabado, éste deberá ser el más adecuado para la parte a la cual se aplica y podrá ser liso, medio o tosco, según se define a continuación.

Cuando se especifique o se requiera acabado liso, el trabajo a máquina deberá ser ejecutado en tal forma, que produzca superficies pulidas prácticamente libres de marcas de herramientas. Será causa suficiente para rechazar esa parte de la manufactura, el hecho de que aparezcan marcas pronunciadas de herramienta u otros defectos semejantes.

Cuando se especifique o se requiera una superficie con acabado medio, el trabajo deberá ser ejecutado de manera que produzca una superficie lisa en la cual se permitirá ligeras marcas de herramienta.

Cuando se especifique o se requiera una superficie con acabado tosco, es suficiente un acabado a máquina que produzca una superficie uniforme con las dimensiones indicadas.

En general, se requiere una superficie lisa para todas las superficies que estén en contacto y deslicen entre sí; se requiere un acabado medio en superficies que estén en contacto permanentemente cuando se quiere obtener una unión firme; y los acabados toscos se requerirán en todas las demás superficies maquinadas.

1.5.3.3 Superficies sin acabar.- Hasta donde sea posible, todas las partes deberán disponerse en la posición en la cual vayan a ensamblarse, a fin de asegurar la debida coincidencia de las superficies en contacto; en caso de discrepancia, deberá corregirse mediante corte, esmerilado o trabajo a máquina, para asegurar el alineamiento adecuado. Las superficies sin acabar deberán coincidir según las líneas y dimensiones que se muestran en los planos, y todas las proyecciones y partes ásperas deberán cincelarse o esmerilarse. Las depresiones o huecos que no afecten la resistencia o utilidad de las partes podrán ser rellenadas de una manera aprobada.

1.5.4 Fundiciones

Todas las piezas de fundición deberán tener las dimensiones de acuerdo con los planos aprobados y estarán libres de grietas, sopladuras, porosidad, puntos duros, contracción excesiva y otros defectos perjudiciales. No se permitirá que las piezas tengan porosidad en lugares donde la resistencia de las mismas pueda ser debilitada o provoque cavitación. Deberá removerse toda la arena antes de que las piezas fundidas sean maquinadas o pintadas. De las fundiciones de fierro fundido, bronce,

etc., según se le solicite al fabricante por medio del Inspector de la Secretaría, proporcionará elementos cilíndricos de unos -- 3 cm de diámetro por 15 cm de longitud como mínimo, para comprobar en el laboratorio, calidad y resistencia; el número, localización y procedencia de esos elementos será determinado por el Inspector y serán desprendidos en su presencia o dejando intacta la zona del desprendimiento del elemento para que el Inspector lo compruebe. Si alguna fundición se llega a desechar se destruirá en presencia del Inspector.

1.5.5 Cuñas y cuñeros

A menos que se especifique o requiera lo contrario, las cuñas y cuñeros deberán conformar con los requisitos de la Norma B17.1 de la ASA para "Shafting and Stock Keys".

1.5.6 Espigas y orificios para espigas

Los orificios para espigas (si se usan) deberán perforarse a su calibre exacto, de manera que queden lisos, derechos y formando ángulos rectos con los ejes de los miembros. Las perforaciones deberán efectuarse después de que los miembros estén asegurados en su posición.

1.5.7 Protección de las superficies acabadas a máquina.

1.5.7.1 Limpieza.- Las superficies acabadas a máquina deberán limpiarse completamente para eliminar todas las materias indeseables. Las superficies acabadas de piezas grandes deberán protegerse con madera o con otros medios adecuados. Los pasadores y pernos que no se hayan colocado deberán aceitarse y envolverse en un papel a prueba de humedad; o protegerse mediante otros medios aprobados.

Las superficies acabadas en metales ferrosos, que vayan a unirse por medio de pernos, deberán lavarse con un anticorrosivo y cubrirse con una capa delgada de pintura de óxido de plomo blanco.

1.5.7.2 Lubricación.- Antes del armado, todas las superficies de las chumaceras, muñones y ranuras para grasa y aceite deberán limpiarse cuidadosamente y lubricarse con un tipo aprobado de aceite o de grasa.

1.5.7.3 Pintura.- Para pintar las partes metálicas del equipo pedido en estas especificaciones, con excepción de las partes maquinadas y superficies embebidas en concreto, se seguirá lo indicado en las correspondientes especificaciones editadas por el Departamento de Ingeniería Electromecánica de la SARH. En cuanto a los colores de las pinturas se deben seguir las normas del propio departamento.

Si el fabricante propone para las compuertas otras formas de protección, diferente a la indicada, ésta será consultada con la Secretaría para obtener su aprobación por escrito. En caso de que la pintura propuesta no sea conocida por la Secretaría el fabricante deberá enviar, con toda anticipación, muestras suficientes para que se aprueben en el laboratorio y poder juzgar sobre las cualidades de esa pintura.

1.5.8 Marcado y diagrama de marcado

Cada pieza deberá ser marcada y contramarcada para facilitar su colocación correcta durante el montaje en el campo. El fabricante deberá preparar diagramas de marcado, indicando claramente la colocación de cada pieza numerada.

1.5.9 Pesos

El fabricante deberá pesar todas las partes completas, en básculas exactas y deberá hacer una lista completa de tales pesos netos, excluyendo las cajas u otros dispositivos para embarque, debiendo informarlos a la Secretaría. Los pesos netos finales de cada una de las piezas grandes, deberán también indicarse en las mismas, por medio de pintura, antes del embarque.

2. REQUISITOS DE DETALLE

2.1 Compuertas Radiales

2.1.1 Tolerancias

Las tolerancias aquí especificadas son tolerancias en la obra instalada. El fabricante será responsable de establecer las tolerancias de fábrica requeridas para cumplir con las tolerancias aquí especificadas. Las compuertas deberán proyectarse para un alineamiento exacto de los ejes de ambos mufones de cada compuerta radial en una línea común y horizontal, paralela al borde inferior de la cubierta y al eje de la Presa. La inclinación admisible del eje de cada ojo de rotación no deberá exceder de 0.8 mm en 3.50 m., con respecto al borde inferior de la cubierta. El desplazamiento máximo del eje de un mufón, admisible en cualquier dirección con respecto al eje del otro mufón, no deberá exceder de 1 mm. Deberá proveerse todo lo necesario para verificar la alineación de los ojos de rotación de las compuertas armadas en el sitio de montaje.

La tolerancia del radio de la cara inferior de la cubierta esta limitada a ± 1 mm. Las proyecciones vertical y horizontal de la compuerta deberán quedar exactamente a escuadra, con una tolerancia de ± 1 mm con respecto a las verdaderas líneas rectangulares. Las caras de las guías laterales y de los cierres estancos laterales deberán formar planos verticales, perpendiculares al eje de los muñones, con una tolerancia de $\pm .75$ mm y deberán ser paralelas con respecto al lado opuesto del claro, con una tolerancia de ± 1 mm. Las vigas de asiento deberán ser rectas y horizontales, con una tolerancia de $\pm .75$ mm, y deberán instalarse con sus ejes paralelos a los ejes de los muñones, con una tolerancia de ± 1 mm.

2.1.2 Cierres estancos

Los cierres estancos de las compuertas deberán fijarse por medio de soleras de acero y pernos, tuercas y arandelas de acero resistente a la corrosión. Los empalmes de los cierres estancos deberán cementarse y vulcanizarse. La resistencia a la tracción de cada uno de los empalmes no deberá ser menor del 50% de la resistencia a la tracción del material sin empalmes.

2.1.3 Soportes

Los soportes tendrán ajuste en tres direcciones, con respecto a las placas de apoyo embebidas en las pilas. El diseño incluye los pernos suficientes para sujetar firmemente el soporte contra cualquier fuerza o empuje que se pueda presentar durante el montaje, además del empuje directo de la carga. Se deberá dejar un espacio nominal de 2.5 cm entre el soporte y la placa de apoyo, para llenarse, después de haber hecho los ajustes de montaje, con "Zinc" o "Colmadur", Mortero Tropical 60, según se indica en el plano respectivo.

2.1.4 Preparación para el armado en la obra.

Todos los cortes y chaflanes de las partes de la compuerta necesarios para el armado en la obra deberán hacerse en la fábrica.

2.1.5 Guías laterales y superficies de cierre estanco

Las guías laterales y las superficies de planos de cierre estanco, que vayan a instalarse en las pilas, deberán ser lisas, de la forma requerida y libres de torceduras, alabeos y abolladuras.

2.1.6 Vigas de asiento.

Las vigas de asiento deberán ser rectas y libres de torceduras y alabeos, para que los cierres estancos de hule, que vayan a quedar en contacto en ellas, sellen efectivamente el agua.

2.1.7 Armado de taller

Las compuertas completas con sus cierres estancos, guías, etc., deberán armarse en la fábrica, aproximadamente en la misma posición que tendrán en la obra después de instaladas, cuando estén cerradas. Las dimensiones, tolerancias y exactitud de alineamiento de cada compuerta armada en la fábrica serán verificadas por el Inspector y cualquier error o desalineamiento que se encuentre deberá corregirse. Los ángulos y placas que se han previsto en el diseño de la compuerta deberán soldarse a la parte correspondiente después de que el Inspector haya aprobado el ensamblado en el taller; los taladros para los pernos de montaje deberá hacerse simultáneamente y rimarse para que éstos entren ajustados, con ligeros golpes de martillo. Durante el armado de fábrica, los cierres estancos deberán ajustarse a sus soportes, teniéndose en cuenta la contracción debida al envejecimiento. Antes del desmontaje para su envío, todas las partes deberán marcarse claramente para coincidencia. Las partes y elementos que no se monten completamente en la fábrica, tales como las vigas de asiento, guías laterales y superficies de cierre estanco con sus accesorios, y que vayan a empotrarse en el concreto, deberán revisarse y montarse consecutivamente de dos en dos para asegurar que podrán armarse correctamente en la obra. La impermeabilidad de todas las uniones soldadas de la cubierta deberá verificarse aplicándoles a través de una boquilla un chorro de aire comprimido de por lo menos 3.5 Kg/cm². El chorro deberá aplicarse a una cara del empalme, inmediatamente después de habersele pasado a la cara opuesta una brocha impregnada con una solución de jabón. Cualquier defecto que se encuentre deberá remediarse inmediatamente.

2.2 Requisitos de detalle para los malacates

2.2.1 Generalidades

La velocidad de los motores no deberá exceder de 1 800 r.p.m. Todas las partes expuestas al desgaste y al polvo deberán protegerse con cubiertas a prueba de polvo. Cada parte integrante del equipo deberá tener una placa a prueba de intemperie, con el nombre y símbolo del fabricante, la ubicación de la fábrica, los detalles importantes del aparato o parte correspondiente y las instrucciones esenciales para su uso correcto. Todas las unidades y todas las cubiertas deberán proveerse con orejas o pernos de ojo para permitir su manejo. Todos los pernos y tornillos de cabeza hexagonal deberán proveerse con arandelas de seguridad. Toda la maquinaria deberá limpiarse cuidadosamente para asegurar que esté libre de virutas de metal y de otros materiales abrasivos.

2.2.2 Características estructurales

Para los malacates y sus accesorios deberán suministrarse marcos de base completos, de construcción soldada, y junto con éstos deberán suministrarse pernos de anclaje. Las subensambladuras de los marcos de base deberán tener el tamaño máximo que permitan los requisitos de transporte y manejo. Los malacates deberán proveerse con barandales y pasamanos de acero, a lo largo de todos los bordes exteriores de los pasadizos. Las diferentes bases estructurales se relevarán de esfuerzos antes de maquinarse, utilizando hornos y controles de temperatura adecuados, de acuerdo con los espesores de los elementos de que estén constituidos.

2.2.3 Indicadores mecánicos de posición

Se proyectarán y suministrarán indicadores mecánicos de una posición que permita leerlos desde las estaciones de control local de botones. Estos indicadores de posición serán del tipo de cuadrantes, con dos agujas indicadoras, una de las cuales girará 360 grados por cada metro que se desplace la compuerta a lo largo del arco correspondiente a la cubierta, y la otra el mismo ángulo que la compuerta. El radio de la aguja que indica la rotación angular, no podrá ser menor de 30 cm, ni el radio de la otra aguja será menor de 7 cm. La cara del cuadrante se hará de acero inoxidable, con marcas estampadas o grabadas. El cuadrante para la aguja pequeña estará dividido en 100 partes numeradas, haciendo resaltar las décimas.

Cada marca del cuadrante para la aguja mayor se numerará y corresponderá a un metro de desplazamiento de la compuerta a lo largo del arco de la cubierta. Las posiciones, completamente cerrada y completamente abierta, estarán claramente marcadas. El cuadrante y las agujas indicadoras se protegerán con una -- cubierta a prueba de polvo y de intemperie.

2.2.4 Cerraduras y llaves.

Todas las cerraduras de las estaciones de control -- de los malacates deberán ser cilíndricas, del tipo tambor, de la misma fabricación y operadas con la misma llave. Con el -- equipo del malacate se suministrarán seis llaves.

2.2.5 Armado y pruebas en la fábrica.

Cada malacate deberá armarse completamente en la -- fábrica y probarse para una operación suave y adecuada. Todas las unidades se operarán por energía eléctrica a la velocidad normal de operación, y serán revisadas completamente para asegurar que se hayan dado todos los márgenes y tolerancias necesarias, que ninguna pieza móvil se trabe y que los dientes de los engranes hagan contacto con toda su longitud. Todas las chumaceras deberán revisarse cuidadosamente. Deben suministrarse -- toda la grasa y aceite lubricante requeridos para llevar a cabo estas pruebas. Todos los motores eléctricos se someterán a las pruebas rutinarias del fabricante, las cuales incluyen, pero no están necesariamente limitadas a lo siguiente:

Prueba sin carga

Prueba con el rotor bloqueado

Prueba dieléctrica

Cuatro copias certificadas de las curvas características de velocidad contra par de torsión deberán someterse a aprobación, así como también los datos de diseño, planos -- etc.

2.3 Compuertas deslizantes de ruedas

2.3.1 Hoja de las compuertas

La hoja de las compuertas está complementada por -- una serie de vigas horizontales firmemente soldada a otros -- miembros laterales, de manera de obtener una estructura rígida, adecuada ala carga que va a soportar.

Como la fabricación es de acero estructural por medio de soldadura, la estructura completa de la hoja deberá calentarse en hornos adecuados que permitan un control completo de las temperaturas, así como de la rapidez de enfriamiento, de acuerdo con los espesores de sus elementos estructurales, con objeto de eliminar los esfuerzos internos producidos por la soldadura y evitar que las diferentes partes sufran deformaciones. Los sellos sujetos a la hoja por medio de tornillos y soleras, serán de hule, de diferentes secciones. La hoja consta de un dispositivo en la parte media superior para recibir el vástago, el cual consta de un prensaestopa y de unos elementos estructurales de refuerzo, algunos de los cuales también impiden que la tuerca del vástago gire. Las ruedas de la hoja son ajustables para que queden en un mismo plano de rodamiento cuando hacen contacto con el marco, en cuyas condiciones el empaque de hule debe estar comprimido unos 3mm. La tolerancia en altura de los empaques de hule que deslizan sobre el marco debe ser de ± 0.25 mm.

2.3.2 Marcos de las compuertas.

Los marcos de las compuertas serán de acero estructural y se someterán a relevación de esfuerzos igual que las hojas, antes de maquinar las superficies que estén en contacto con los sellos, como se indica en los planos correspondientes.

2.3.3 Tolerancias de fabricación para las compuertas.

Los miembros estructurales deberán estar rectos, dentro de las tolerancias permitidas por la ASTM designación A 6/65 y por los requisitos siguientes:

2.3.3.1 Alineamiento.

Los miembros estructurales no deberán desviarse de su rectitud más de un milésimo de su longitud. Los miembros no deben tener torceduras, dobleces, melladuras y deformaciones.

2.3.3.2 Longitud

Se permite una variación de 1 mm en la longitud total de miembros

2.3.3.3 Superficies.

Las imperfecciones de la superficie de los materiales, como salientes, depresiones, hojeaduras, etc., podrán -

corregirse por esmerilado, siempre que no reduzcan el espesor en más del 7% (siete por ciento) y en ningún caso más de -- 3.2 mm (1/8"). Las imperfecciones superficiales se podrán -- corregir mecánicamente y rellenarse con soldadura, tomando en consideración que el área corregida en cada placa o perfil no exceda del 2% (dos por ciento) del área total trabajada. Después de la preparación del área defectuosa, previo a la aplicación de la soldadura, el grueso de la placa en cualquier lugar no deberá reducirse más del 20% (veinte por ciento) de su espesor nominal. La soldadura será sana, bien hecha y podrá sobresalir no más de 1.6 mm (1/16") de la superficie del metal base, el cual se eliminará por esmerilado. Después de la reparación del área defectuosa, se admitirán depresiones máximas de 0.79 mm (1/32"). No deberá hacerse ninguna soldadura cuando el metal base tenga una temperatura de - 18 °C. Cuando la temperatura se encuentre entre - 18 °C y 0 °C, las piezas deberán ser calentadas dentro de una área de 7.5 cm, medida a - contar del punto donde la soldadura se inicia.

2.3.4 Mecanismos

Los mecanismos se fabricarán de acuerdo a los planos de la Secretaría. Los planos de la Secretaría serán previamente revisados cuidadosamente por el fabricante y avisará a la Secretaría de errores, cambios, u omisiones que encuentre. El fabricante será responsable del ajuste correcto de todas las partes y accesorios que aparecen en los planos

2.3.5 Vástagos.

Los vástagos se fabricarán de acuerdo a los planos de la Secretaría. Deben tomarse las provisiones necesarias - tanto en los mecanismos como en las compuertas para que los pasadores de sus coples rígidas queden paralelas al muro. -- Cuando un tramo de vástago contenga cualquier tipo de rosca, la longitud del tramo debe limitarse a 3.70 m como máximo. - Los tramos soldados deben emplearse al mínimo y sólo deben - permitirse cuando un cople rígido no se pueda usar. Las longitudes máximas de los tramos de vástago deben ser de 6.10 m de preferencia. Debe comprobarse y en su caso corregir la - interferencia que pueda haber entre la rosca ACME del vástago y la cuña que va atornillada en el mecanismo.

2.3.6 Las compuertas y los mecanismos se armarán totalmente incluyendo el equipo eléctrico, indicadores de posición estación de botones, etc., y se lubricará y se probará en el taller del fabricante, para comprobar ajustes y dimensiones. Se moverá manualmente y después eléctricamente para detectar calentamiento y ruidos anormales, hasta que funcionen normalmente, con los accesorios debidamente localizados. Si se descubren torceduras, forzamientos, etc., deberán corregirse sin dañar la resistencia y se volverá a probar. Si en las correcciones ha sido necesario soldar y la reparación es en zona peligrosa, la S.A.R.H. podrá exigir pruebas de rayos X, eliminación de esfuerzos internos, y revisión total de dimensiones, etc., siendo todo esto por cuenta del fabricante. Después de que el Inspector de la S.A.R.H. dé su aprobación se pintarán de acuerdo a las indicaciones de estas especificaciones.

2.3.7 EMPAQUE.

2.3.7.1 Compuerta.

La compuerta se transportará troquelada, es decir, fija la hoja con el marco, y totalmente terminada y revisada por el Inspector de la S.A.R.H.

2.3.7.2 Mecanismos.

Los mecanismos se empacarán en huacales de madera de suficiente resistencia, una vez que se les haya quitado los volantes de operación manual y los motores, así como las cubiertas laterales de protección del vástago. Los volantes se empacarán en una caja o huacal por separado para evitar se rompan durante el transporte. Los motores se enviarán también por separado, dándoles la debida protección.

2.3.7.3 Equipo eléctrico.

El equipo eléctrico de arrancadores, interruptores, interruptores de límite, etc., se enviará dentro de cajas de madera, así como todas las piezas sueltas como tornillería, tuercas, etc.

2.3.7.4 Vástago y accesorios.

Se protegerán las cuerdas del vástago con grasa lubricante y todo el vástago con cinta de madera y yute (costal), sujetados con alambre recocido. Los coples, pernos, chavetas, etc., se empacarán en cajas de madera. Las guías se pueden mandar sueltas, engrasando la parte maquinada.

2.3.8 Manejo.

El manejo de la compuerta y sus accesorios se hará con el equipo adecuado y en forma tal que se eviten torcimientos. No se deben colocar sobre la compuerta algunas piezas pesadas que puedan dañarla. Si es necesario, por cuestiones de transporte - colocar encima de la compuerta alguna otra pieza, se intercalarán polines de madera para evitar el contacto directo.

2.4 OBTURADOR

2.4.1 Generalidades.

Para el mantenimiento de las compuertas radiales del vertedor se ha previsto un obturador que podrá instalarse en cualquiera de los tres vanos de las compuertas del lado de aguas arriba de las mismas, a fin de operarlas en seco, para su revisión periódica, sin tener que desperdiciar el agua almacenada en el vaso, cuando el nivel sea superior al de la cresta del cimacio del vertedor.

Este obturador ha sido diseñado únicamente para mantenimiento y no podrá usarse para emergencia ya que debe colocarse y removerse en agua quieta; es decir, con la compuerta radial cerrada. Con un buen mantenimiento, es poco probable que se presente una emergencia, a menos que se trate de una circunstancia extraordinaria e imprevisible.

Con el fin de disminuir la capacidad del equipo que debe manejar el obturador, éste se ha dividido en 5 (cinco) secciones de 1.00 m de alto por 3.50 m de largo, que serán almacenados en cualquiera de las tres partes superiores de cada vano, abajo del piso de maniobras del puente del vertedor.

Cada estructura estará formada por dos vigas horizontales ligadas aguas abajo, por medio de la cubierta. En su parte superior tendrá dos "orejas" que permitirán conectar dicha estructura con la viga de enganche, que se mencionan adelante, la que a su vez se operará con una grúa de pórtico para su transporte al vano que se quiera obturar. Cada sección está provista de sellos de hule, tanto a los lados como en su parte inferior, para producir un cierre estanco efectivo. En sus extremos laterales lleva también unas guías de acero estructural que limitan los movimientos laterales del obturador y permiten que cada sección se apoye correctamente sobre la sección inferior. Una de las cinco secciones del obturador, la que se coloque siempre abajo, contendrá una válvula de charnela, que tendrá por objeto llenar de agua el espacio comprendido entre el obturador y la compuerta radial cerrada, antes de mover las secciones (agujas) del obturador.

Los extremos laterales de las secciones del obturador irán alojadas en unas escotaduras laterales en cada uno de los vanos de las compuertas. En estas escotaduras se instalarán las partes fijas de acero estructural que servirán para guiar las secciones del obturador y para servir de apoyo a los sellos de hule laterales a fin de producir un cierre efectivo libre de fugas de agua.

2.4.2 Fabricación.

Cada sección del obturador se fabricará con acero estructural ASTM-A36. Los diferentes elementos de cada sección se unirán entre sí por medio de soldadura y el trabajo deberá hacerse de acuerdo con los párrafos aplicables de las cláusulas de fabricación de las compuertas de estas Especificaciones y de acuerdo también con los planos.

Las secciones del obturador no se someterán a ningún tratamiento para relevar esfuerzos internos pero se seguirá el orden de soldadura indicado en el plano, pero en todo caso, el orden que se siga será el que produzca menos deformaciones.

2.4.3 Pruebas en el Taller

Al terminar la fabricación de cada sección se efectuará una prueba de verticalidad, consistente en colgar la sección de sus dos puntos de suspensión, los cuales se colocarán en el plano teórico vertical que pasa por el centro de gravedad de la sección según se muestra en el plano.

Sin embargo, en la práctica pueden salirse del plano teórico debido a las tolerancias comerciales en la fabricación de las placas o a cualquier otra causa. En consecuencia, al quedar suspendida la sección correspondiente puede no tomar una posición vertical, lo que ocasiona frecuentemente, dificultades durante la operación de colocar las diferentes secciones en las ranuras de guías las cuales si deben ser verticales.

Si éste fuera el caso cada sección deberá balancearse en el taller, sin cambiar los puntos teóricos de suspensión añadiendo pesos extra en los lugares adecuados, para obligar a la sección a tomar una posición vertical, medida en el plano de la cubierta con un tránsito o con una plomada, y con una tolerancia no mayor de 3 mm en la altura total de la sección correspondiente.

Los contrapesos podrán ser placas, piezas de fierro fundido u otro material, que se fijarán en el lugar adecuado por medio de soldadura, u otro medio, para evitar que cambien de posición durante las maniobras de colocación y manejo.

Se comprobará también en el taller, que la placa - que sirve de asiento al sello de la sección superior esté en un plano horizontal, con una tolerancia, en las posibles ondulaciones, no mayor de 1 mm con respecto al plano teórico.

Se comprobará asimismo, la continuidad de los sellos verticales entre una sección y la adyacente, para lo cual se colocarán una sobre otra, las secciones de dos en dos escogidas al azar.

2.4.4. Pintura.

Al terminar la fabricación de cada sección del obturador se limpiará y se pintará de acuerdo con la cláusula -- 1.5.7.3

2.4.5 Manejo y transporte

Cada sección del obturador deberá manejarse con el equipo adecuado y con el cuidado necesario para evitar que - sufra golpes, deformaciones o torcimientos, que impidan su - buen funcionamiento en la obra.

Los sellos de hule deberán protegerse con tiras de madera de suficiente resistencia, para evitar que se dañen - durante las maniobras de carga, transporte y descarga en la obra; cualquier daño que sufra el obturador por manejo y protección defectuosos, deberá corregirse en el taller o en la obra por cuenta del fabricante.

2.4.5. Marco del Obturador.

Cada vano de las compuertas radiales está provisto, aguas arriba, de un marco permanente, que permite colocar las

secciones del obturador, indistintamente, en cualquiera de -- ellos, según se muestra en el plano correspondiente.

Estos marcos se construirán de acero estructural y serán desarmables en secciones de dimensiones adecuadas para su transporte. La parte de cada sección de donde se apoyará -- el sello del obturador, deberá quedar en un plano vertical -- con una tolerancia no mayor de 1 mm con relación al plano teó -- rico vertical del sello.

Deberá tenerse especial cuidado, tanto en la fabri -- cación como en el montaje, para lograr la continuidad de este plano en las juntas de las secciones de marco, para lo cual -- se cepillarán si es necesario. La soldadura de estas juntas -- deberá hacerse en la obra, después de que se haya logrado la continuidad en la superficie de apoyo de los sellos, mediante los ajustes que se hagan en los pernos de anclaje y después -- de que las piezas hayan quedado fijas firmemente por las tuer -- cas y contratuerzas respectivas.

Posteriormente se esmerilará la soldadura que sobre -- salga del plano de las placas.

Aunque el diseño de los marcos tiene la rigidez su -- ficiente para soportar el manejo razonable, éste debe ser cui -- dadoso para evitar que sufran deformaciones permanentes, pues si éste es el caso, las piezas deformadas tendrán que devolv -- verse al taller para su corrección, o desecharse y volverse a fabricar si el daño es tal que, a juicio del Inspector de la S.A.R.H., no se permita su corrección.

La parte de los marcos que servirá de guía a las -- secciones del obturador, en toda su carrera vertical, también deberá quedar en un plano vertical con una tolerancia no ma -- yor de 3 mm respecto al plano teórico y las uniones de las -- secciones deberán ser continuas y sin obstrucciones al paso -- del obturador o de la viga de enganche.

2.5 Viga de enganche.

Para efectuar el manejo de las secciones que forman el obturador se ha dispuesto un dispositivo que permita reali -- zar cómodamente, incluso bajo el agua, las maniobras de colo -- cación y retiro de ellas. Este dispositivo denominado viga de enganche, consiste esencialmente en una viga formada por dos canales de acero estructural, provista de dos ganchos que son accionados mecánicamente mediante contrapesos. La viga a su -- vez está suspendida por medio de cables de los ganchos de una grúa de pórtico que sirve para trasladar cada sección del ob --

turador desde su posición de almacenaje hasta el vano que se desea cerrar, y para hacer descender la sección correspondiente hasta el fondo o hasta la posición que le corresponda de acuerdo con las secciones que cada sección y llevarla a su posición de almacenaje.

La viga de enganche servirá también para guiar las secciones del obturador en las ranuras verticales del vano y deberá fabricarse con la precisión necesaria para que opere normalmente en cualquiera de los tres vanos y con cualquier sección del obturador.

Al terminar la fabricación y después de haber realizado satisfactoriamente las pruebas de funcionamiento se procederá a pintar la viga de acuerdo con la cláusula de pintura de estas especificaciones.

Para el transporte se deberá tomar precauciones semejantes a las del resto del equipo y si sufre algún daño, éste será corregido en el taller o en la obra por cuenta del fabricante.

2.6 Grúa de Pórtico.

La grúa para la operación de las secciones del obturador será del tipo de pórtico, con desplazamiento sobre rieles, como se muestra en el plano de la S.A.R.H. El movimiento de la grúa será manual, lo mismo que el movimiento transversal del gancho. Se trasladará longitudinalmente sobre rieles y contiene un dispositivo de freno para fijarla en una posición definida. La grúa se probará en presencia del Inspector de la S.A.R.H. y se pintará de acuerdo a las indicaciones de estas especificaciones.

3. INSTALACION Y PRUEBAS

3.1 Compuertas radiales, guías y anclajes.

3.1.1 Armado e instalación de las bases y chumaceras.

Todas las bases y chumaceras deberán ensamblarse e instalarse de acuerdo con los planos, alineándose y nivelándose dentro de las tolerancias especificadas en la cláusula 2.1.1 (Tolerancias) y asegurándose firmemente en su posición. Se propondrán para su aprobación, descripciones y croquis detallados de los métodos de adiestramiento apuntalamiento y acu-

ñamiento, para mantener las tolerancias durante el vaciado del concreto y del " Colmadur " Mortero Tropical 60, exactamente de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

3.1.2 Armado e instalación de guías, superficies de cierre estanco y vigas de asiento.

Las guías laterales, superficies de cierre estanco y las vigas de asiento deberán armarse e instalarse de acuerdo con los planos, alinéandose y nivelándose dentro de las tolerancias especificadas 2.1.1 (Tolerancias) y asegurándose firmemente en su posición. El colado en concreto de las guías, superficies de cierre estanco y vigas de asiento no podrá hacerse antes de llevarse a cabo una prueba de la compuerta instalada, y de haber sido aceptada esta prueba por la Secretaría. Los pernos de alineación se harán coincidir con los correspondientes orificios de las vigas de asiento y de los miembros de soporte de las guías laterales y las superficies de cierre estanco, para que no haya necesidad de doblarlos o forzarlos. Inmediatamente después deberán soldarse los pernos de alineación a los anclajes empotrados o a las varillas de refuerzo del concreto. Las soldaduras deberán tener la misma resistencia que las partes roscadas de los pernos de alineación. Las conexiones a los pernos de alineación deberán hacerse cuidadosamente, para evitar deformaciones y desplazamientos de las guías y superficies de cierre estanco. Este concreto no podrá vaciarse en capas de más de 1.5 m de altura, y el ritmo de colocación se controlará con precisión para limitarlo al que sea necesario para evitar desajustes en la estructura. Antes de la colocación de cada capa de concreto y en el período entre la colocación de capas sucesivas, las tolerancias de alineación deberán revisarse y si se comprueba que han ocurrido desplazamientos se tomarán medidas para corregirlos. En las formas deberán proveerse ventanas adecuadas para facilitar la colocación y la inspección.

3.1.3 Armado e instalación de las compuertas.

Cada compuerta completa con cierre estancos, deberá armarse e instalarse de acuerdo con los detalles que se muestran en los planos y con las instrucciones del fabricante. - Donde se requiera, los empalmes serán impermeables. El borde inferior de las compuertas instaladas deberá estar en alineación perfecta para asegurar un apoyo uniforme de los cierres estancos de hule sobre las vigas de asiento y un contacto impermeable entre los mismos. Los lados de las compuertas deberán estar en alineación perfecta para asegurar el contacto imper-

meable y uniforme entre los cierres estancos de hule y las superficies laterales de cierre estanco empotrados en las pilas. Las proyecciones vertical y horizontal de la compuerta completamente instalada quedarán exactamente a escuadra, con una tolerancia de más o menos 2 mm de la línea rectangular exacta. Las tolerancias especificadas son tolerancias en la obra instalada. El fabricante será responsable de establecer las tolerancias de taller requeridas para cumplir con las tolerancias especificadas. Deberán someterse para su aprobación, descripciones y bosquejos de los métodos de instalación propuesto. Sin embargo, tal aprobación no relevará al fabricante de su responsabilidad exclusiva de cumplir con las tolerancias especificadas arriba.

3.1.4 Pruebas de las compuertas.

Cada compuerta deberá operarse un número suficiente de ciclos completos, para demostrar que llena los requisitos del caso y que se encuentra en condiciones de operar en la forma prevista. A todas las uniones y conexiones de las compuertas, guías laterales, superficies de cierre estanco y vigas de asiento soldadas en la obra, y a todos los lugares donde puedan presentarse fugas, se les practicará una prueba de impermeabilidad empleando aire a una presión de 1.5 de la presión máxima que pueda presentarse y una solución de jabón, antes de la pintura en la obra. Las compuertas, guías laterales, superficies de cierre estanco se limpiarán cuidadosamente para eliminar todas las materias indeseables, prestando atención especial a las superficies de apoyo y de cierre estanco. Donde sea necesario deberá repararse la pintura.

3.2 Malacates.

3.2.1 Lubricación

Antes del armado, todas las superficies de rozamiento chumaceras y ranuras para grasa y aceite se limpiarán y lubricarán cuidadosamente con un tipo de aceite o grasa aprobado.

3.2.2 Ensamblaje

Cada malacate completo con todos sus accesorios, deberá armarse e instalarse de acuerdo a los planos y con las instrucciones del fabricante.

3.2.3 Pruebas de los malacates.

Cada malacate deberá operarse y probarse en vacío después de su instalación. Después de completadas las pruebas

anteriores las compuertas se conectarán a los malacates y cada compuerta se probará según se especifica en la cláusula 3.1.4 (Pruebas de las compuertas). Durante las pruebas deberá comprobarse la operación adecuada de los controles, de los interruptores límite y de los indicadores de posición de las compuertas. Cualquier defecto de construcción y operación que se descubra durante las pruebas se corregirá, debiéndose repetir la prueba correspondiente.

3.3 Obturador

3.3.1 Armado e instalación de los marcos y del obturador.

Todas las partes de los marcos y del obturador deberán armarse e instalarse de acuerdo con los planos, alineándose y nivelándose a un máximo de error de 1/1000 no acumulable, asegurándolas firmemente en su posición. Deberán someterse para su aprobación, descripciones y croquis detallados del método de atiesamientos, apuntalamientos y acufamientos propuestos para mantener al marco firmemente dentro de tolerancia durante el vaciado del concreto. La aprobación no exonerará al fabricante de su responsabilidad de mantener la tolerancia. Antes del vaciado la instalación debe ser inspeccionada por personal de la S.A.R.H., moviendo al obturador en toda la altura del marco. El concreto no podrá vaciarse en alturas mayores de 2 m y el ritmo deberá controlarse para evitar desajustes en la estructura. Entre las sucesivas vaciadas de concreto deben comprobarse las tolerancias de la obra. En las formas deberá proveerse ventanas adecuadas para facilitar la colocación y la inspección.

3.3.2 Pruebas de los obturadores.

Todo el sistema debe limpiarse cuidadosamente; luego cada sección del obturador deberá operarse un número suficiente de ciclos completos, en todos los vanos. Donde sea necesario deberá repararse la pintura.

3.4 Compuertas deslizantes de ruedas.

3.4.1 Compuerta

La compuerta está compuesto de la hoja y el marco y vienen troqueladas de fábrica, es decir, firmemente unidos ambos. La localización de la compuerta se hace de acuerdo a los planos. Se inspecciona el trayecto que seguirá la compuerta,-

desde su almacenamiento hasta el lugar de su instalación, para prever los posibles obstáculos que pudiera haber. El asiento del marco de la compuerta sobre el piso de concreto debe ser efectivo para lo cual se emplean, entre ambos, pedazos de riel, varillas gruesas, etc., bien fijos. Las partes verticales de la compuerta se plomearán cuidadosamente en dos sentidos perpendiculares, y una vez alineada y nivelada, se fijarán sus anclas a las varillas del concreto, observándose que el sello perimetral haga buen contacto, efectuándose enseguida el segundo colado. Una vez fraguado el concreto, límpiese minuciosamente y destroquélese la compuerta.

3.4.2 Mecanismo

El mecanismo se colocará en su posición, se plomeará y nivelará tomando como referencia a la compuerta, montándose el sistema de resortes compensadores de acuerdo al plano respectivo.

3.4.3 Vástago.

Se montarán los tramos superior e inferior del vástago, insertando las guías correspondientes. Antes de acoplar los tramos intermedios se ensartarán las guías y al hacer el último acoplamiento, se accionará manualmente el mecanismo para dar el ajuste entre tramos de vástago, quedando los pernos de los coples paralelos al muro. El alineamiento de las guías se da moviendo las tuercas y contratuercas de las anclas, y las ranuras propias de las guías.

3.4.4 Pruebas sin agua.

Con el mecanismo completamente armado y lubricado, - conectado eléctricamente y con los elementos térmicos adecuados en el arrancador magnético del motor y la compuerta en posición cerrada, ajústese el interruptor de límite correspondiente. Acciónese el motor oprimiendo el botón marcado "subir" de la estación de botones, observando la carrera de la hoja hasta alcanzar la compuerta la posición de totalmente abierta, en donde se parará el motor manualmente, y se ajustará el interruptor de límite superior. Después de esto, oprímase el botón de "bajar" con lo cual llegará la hoja hasta la posición de compuerta cerrada. En caso de que el motor siga trabajando, párese manualmente y reajústese el interruptor de límite. Oprímase de nuevo el botón de "subir" y obsérvese que el motor pare en la posición indicada. Abrase y ciérrese varias veces hasta que el funcionamiento se realice sin anomalías.

3.4.5 Pruebas con agua

Con la compuerta cerrada y con un tirante de agua -- mayor que la altura de la compuerta, para que se tenga la seguridad de que va a operar el sello tipo nota musical, obsérvese si hay fugas, en cuyo caso éstas se pueden eliminar calzando al sello con tiras de hule. Asimismo obsérvese si hay fugas por el prensaestopa, pues de haberlas se pueden eliminar apretando las tuercas del mismo.

4. INSPECCION

4.1 Autoridad del inspector.

Los inspectores nombrados por la Secretaría, efectuarán la inspección de todo el equipo detallado en estas especificaciones. La inspección será realizada por la Secretaría únicamente como una cooperación de la misma para descubrir -- oportunamente defectos o discrepancias, para que sean corregidas fácilmente cuando el proceso de fabricación esté aún en marcha, obteniéndose por lo tanto mayor rapidez en el trabajo. Por tanto, no deberá considerarse como parcialmente aceptado el equipo, como resultado de la inspección. La inspección o prueba efectuada en las condiciones arriba mencionadas, de -- ninguna manera relevará al fabricante de su responsabilidad -- para cumplir con todos los requisitos que estipula la Secretaría.

4.2 Costo de la inspección

El costo de la inspección será por cuenta de la Secretaría, pero en el caso de que los inspectores tengan que hacer trabajos extraordinarios por causas imputables al fabricante el importe de dichos trabajos hasta por una cantidad no superior al 1% (uno por ciento) del importe de los equipos -- LAB fábrica, a que se refiera la inspección extraordinaria.

4.3 Elementos que el fabricante proporcionará a los inspectores.

El fabricante se obliga a proporcionar a los Inspectores de la Secretaría, todas las facilidades para que puedan cerciorarse de que los materiales y los equipos, así como las pruebas a que se sujetan son satisfactorias para los intereses de la Secretaría; cuando el inspector lo requiera, se harán las pruebas necesarias para aclarar cualquier caso dudoso

y el fabricante le proporcionará copia de los resultados obtenidos en dichas pruebas, para enviarlas a la Secretaría con sus informes. El fabricante entregará a los inspectores probetas de todos los materiales empleados en la fabricación del equipo con el fin de comprobar su calidad y resistencia, o remitirá a la Secretaría copias certificadas de las hojas en que consten los resultados de las pruebas físicas y químicas que hayan hecho de los materiales.

4.4 Inspección de montaje

El fabricante deberá avisar al inspector, con toda oportunidad, la fecha en que quedará terminada la instalación y alineación de las guías laterales y la placa de asiento de las compuertas radiales a fin de que éste pueda comprobar que el trabajo se ha hecho de acuerdo con la cláusula 2. Requisitos de detalle, en sus párrafos relativos a tolerancias de montaje en la obra.

Asimismo, se indicará, con anticipación, la fecha en que quedarán totalmente presentadas las compuertas y sus malacates, a fin de que el inspector proceda a comprobar la correcta instalación del equipo.

Antes de hacer los segundos colados, se ajustarán -- los sellos de las compuertas y el inspector comprobará por medio de la prueba de la jabonadura que éstos sellen perfectamente. Esta prueba consiste en aplicar un chorro de aire a una presión de por lo menos de una vez y media la presión máxima a que estará sujeta la compuerta, de un lado del sello y por el otro se aplicará una solución de jabón, para ver que no se produzcan burbujas que acusan el paso de aire a través de los sellos. Se harán los ajustes que sean necesarios al terminar los ajustes anteriores, y antes de hacer los segundos colados, el inspector presenciara una prueba durante la cual, la compuerta se abrirá y cerrará completamente mediante su malacate, para observar que el conjunto opera correctamente sin obstrucciones ni vibraciones y que el motor del malacate no se sobrecarga. El montador hará los ajustes que el inspector considere necesarios para lograr lo anterior, hecho lo cual, se procederá a efectuar los segundos colados.

De manera semejante el inspector comprobará el trabajo de montaje del restante equipo como los obturadores, las compuertas deslizantes de ruedas, los mecanismos, la grúa de pórtico, etc.

Ninguna parte del equipo se considerará aceptada y recibida sin la autorización por escrito del inspector. Y ninguna pieza instalada será aceptada si no tiene la aprobación escrita por parte del inspector, de que ha sido verificada su posición antes del segundo colado.

4.5 Inspección de los equipos o de sus partes fabricadas por subcontratistas.

En caso de que el fabricante subcontrate la fabricación de parte del equipo o elementos a que se refieren estas especificaciones, deberá incluir en las órdenes que dé a los subcontratistas, todas las especificaciones de construcción y todas las cláusulas relativas a inspección, mencionadas en estas especificaciones, proporcionándose copia de esta documentación a los Inspectores de la Secretaría.

4.6 Informe sobre el progreso de los trabajos.

Los informes sobre todas las pruebas hechas por el fabricante, sus agentes o subcontratistas, así como los informes de avance de trabajo y otros informes que se envíen a la Secretaría, deberán llevar la aprobación de los inspectores.

4.7 Recepción final

Cuando el fabricante haya terminado el montaje y probado a satisfacción de la Secretaría el equipo solicitado, los inspectores procederán a recibirlos en la obra en forma definitiva. Para constancia de que se ha cumplido lo anterior, se procederá a levantar el acta de recepción y buen funcionamiento del equipo en esa fecha; este documento será indispensable para poder efectuar la liquidación de los pagos del equipo pedido.

El acta de recepción deberá ser redactada con claridad indicando las condiciones en que se recibe cada uno de los equipos y deberá estar firmada de conformidad por el fabricante, el Inspector de la Secretaría y por el ingeniero residente de la obra.



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de ingeniería, unam



PLANEACION, DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PRESAS

ESPECIFICACIONES PARA LA ADQUISICION DE LA TUBERIA FORZADA
PARA LA PRESA "SAN ILDEFONSO", QRO.

FEBRERO, 1980



CAPITULO II
INFORMACION GENERAL

1 II.1.- PRESA.- La Presa "SAN ILDEFONSO" sobre el Rio Prieto, en la que la Secretaria de Recursos Hidraulicos quiere efectuar el cambio de la tubería existente, esta localizada aproximadamente a 6⁵ Km. de la Ciudad de San Juan del Rio, Qro.

La Presa tiene su corona a la elevación de 2241.6⁵ m., y almacena 52 000 000 de m. cúbicos /

1 II.2.- OBRA DE TOMA.- La Obra de Toma está formada por un túnel de sección de herradura de 3.80 m. de diámetro. Aproximadamente a una tercera parte del túnel se encuentra instalado un tubo tapón de 10⁶⁶.8 mm. de diámetro. Inmediatamente aguas abajo de ese tubo tapón, se instalará una válvula de mariposa de 42" de diámetro y enseguida una tubería forzada de 10⁶⁶.8 mm. de diámetro y 160.052 m. de longitud, en el extremo aguas abajo se instalará una válvula de servicio del tipo de chorro divergente (Howell-bunger) de 36" de diámetro que se utilizará para las extracciones del agua necesaria para el riego. Durante la fabricación de la tubería mencionada, el fabricante ejecutará los trabajos de demolición de concreto, acarreo del escombros, desmantelamiento de la tubería existente, acarreo de la misma hasta la corona de la Presa, inmediatamente procederá a transportar la nueva tubería, y montarla, cimbrar, armar y colar las partes demolidas.

II T

I II.3.- ESPECIFICACIONES Y PLANOS.- En los Capítulos IV al VI se detallan las Especificaciones a que deben sujetarse los materiales, la fabricación y las pruebas de todas las piezas objeto de este Concurso. Estas Especificaciones deberán cumplirse o en su defecto las del Fabricante que sean equivalentes o superiores a las de la Secretaría, previa aprobación de la misma y que a su juicio puedan aceptarse sin menoscabo de la seguridad, buena calidad y economía del producto fabricado. /

CAPITULO III

REQUISITOS PARA CONCURSAR Y PARA ADJUDICAR EL PEDIDO

I III.1.- FORMA DE PRESENTAR LA PROPOSICION.-

De acuerdo con lo que se establece en estas Especificaciones, se pide proposición de precios y plazos de entrega para la fabricación e instalación de las diferentes partes que forman la tubería forzada, así como los trabajos complementarios que aquí se mencionan, de manera que pueda ser comparada fácilmente con los de los demás concursantes, para lo cual dicha proposición, que se presentará por triplicado en el Catálogo que se adjunta, contendrá además de la carta de remisión firmada por el fabricante o por su Representante autorizado, los documentos o datos que se describen en los siguientes párrafos. Será requisito indispensable que en el Catálogo aparezca:

- a).- La cotización desglosada de los trabajos mencionados.
- b).- Precio por tonelada en la fabricación, transporte y montaje de la tubería y totales en los otros conceptos.
- c).- Calendario de fabricación y entrega de las diversas partes del equipo, así como para proceder a la demolición, acarreo, desmantelamiento, etc.

I III.2.- GARANTIA DE LA PROPOSICION.-

Para garantizar su seriedad y solvencia, el Paster entregará con su proposición, un cheque certificado a favor de la Secretaría de Recursos Hidráulicos por \$ 25 000.00 (VEINTICINCO MIL PESOS - - 00/100 M.N.), que le será devuelto al Paster, si no obtuvo el Pedido, dentro de los 30 (treinta) días posteriores a la fecha del Concurso. Al Paster que obtenga el Pedido se le devolverá ese cheque al firmar este documento, pero se le hará efectiva esa garantía si no otorga, dentro de los 20 (veinte) días de Calendario siguientes a la fecha del Oficio en que la Secretaría le comunique la adjudicación del Pedido. La fianza que garantiza los plazos de entrega de las tuberías, o si no firma dentro de los 10 (diez) días siguientes al aviso escrito por parte de la Secretaría, de que el Pedido está listo para ser firmado.

II III.3.- CAPACIDAD DEL POSTOR.-

El Postor hará una breve exposición del sitio donde se encuentran los talleres en los que se fabricarán las tuberías; - de los elementos de maquinaria, de equipo y personal con que cuenta para hacer esa fabricación y para hacer las pruebas que se especifican; proporcionando una lista de las tuberías semejantes que haya fabricado indicando sus principales características, el lugar y fecha de instalación y dará cualquier otra información que permita cerciorarse de su capacidad y experiencia en la fabricación de tuberías semejantes y de los resultados obtenidos durante el funcionamiento de las mismas.

II III.4.- ENTREGA DE LA PROPOSICION.-

La proposición deberá entregarse en sobre cerrado y sellado. Se escribirá claramente fuera del sobre el número de la Convocatoria, la designación completa del trabajo de que se trata, con el nombre del Postor, el día y hora señalados para la apertura de las mismas y deberá ir acompañada con los anexos mencionados anteriormente.

II III.5.- RETIRO DE LAS PROPOSICIONES.-

Una vez presentada la proposición no podrá ser retirada por ningún motivo.

II III.6.- APERTURA DE LAS PROPOSICIONES.-

Las proposiciones se abrirán con intervención de un Representante de la Secretaría del Patrimonio Nacional y un Representante de la Dirección de Compras, de la Dirección de Construcción y de las Autoridades de la Dirección de Proyectos, en presencia de los interesados que asistan al acto; se leerán en voz alta, en el lugar, día y hora especificados en la Convocatoria y se rubricarán por los presentes.

II III.7.- REVISION DE LAS PROPOSICIONES.-

La Secretaría comprobará previamente que el Postor ha cumplido con todos los requisitos del Concurso.

Los precios unitarios e importe anotados por el Postor en el Catálogo de precios, será revisado por la Secretaría en la forma siguientes: en caso de discrepancia entre los precios anotados con número y los anotados con letra, serán estos últimos los que se tomarán en cuenta.

III.8 - CONSIDERACION A LAS PROPOSICIONES Y DERECHO A RECHAZARLAS.-

La Secretaría se reserva el derecho de dispensar defectos de las proposiciones o de rechazar alguna, algunas o todas ellas. Las proposiciones pueden ser rechazadas si no contienen todos los datos en la forma proporcionada al Postor. Si contiene tachaduras o enmendaduras o si están escritas en forma o con letra que haga dudosa su interpretación; si contiene posturas condicionales, o alternativas o adiciones cuando no se hayan solicitado. Si el Postor se reserva el derecho de aceptar el Pedido en caso de que a él se le adjudique y en general si presenta irregularidades de cualquier clase.

III 9.- DESCALIFICACION DE POSTORES.-

Se considerará como causa suficiente para descalificar a un Postor cualquiera de las siguientes circunstancias.

- a).- Que presente varias proposiciones bajo el mismo o diferentes nombres, ya sea por sí mismo o formando parte de cualquier firma, compañía o asociación.
- b).- Que forme parte de una colusión o se ponga de acuerdo con otros Postores para hacer subir los precios propuestos para el Pedido.
- c).- Que no haya cumplido debidamente con otros pedidos de la Secretaría o de otra Dependencia oficial o particular, nacional o extranjera.

III.10.-DECISION DE LA SECRETARIA RELATIVA AL CONCURSO.-

Para la adjudicación del Pedido se tomará en cuenta, los precios y tiempos propuestos. La decisión que comunique la Secretaría será inapelable.

III.11.- ADJUDICACION DEL PEDIDO.-

La decisión de la Secretaría respecto al Concurso, se dará conocer por escrito a los Concursantes en el menor tiempo posible, sin exceder de 30 días de Calendario.

III.12.- DEVOLUCION DE LA GARANTIA DE LA PROPOSICION.-

Una vez que la Secretaría tome una decisión respecto al resultado del Concurso, se devolverá, a los Postores no agraciados, la garantía que presentaron con su proposición.

III.13.- FIRMA DEL PEDIDO.-

La firma del Pedido se hará a más tardar 30 (treinta) días después de la fecha en que se le notifique al Pector que le ha sido adjudicado el Pedido.

III.14.- DEVOLUCION DE GARANTIA AL POSTOR AGRACIADO.-

Al Pector agraciado se le devolverá la garantía de la proposición una vez que firme el Pedido o bien reciba el Oficio de adjudicación presentando la fianza o fianzas correspondientes a la garantía de calidad y cumplimiento de que se habla en el inciso III.14.

III.15.- NO FORMALIZACION DEL PEDIDO.-

En el caso de que el Pector agraciado no formalice el Pedido o no presente la fianza o fianzas dentro de los plazos señalados oportunamente, éste se considerará como nulo y la garantía de la proposición se aplicará en beneficio de la Secretaría, como indemnización por los perjuicios ocasionados. La Secretaría quedará en libertad de adjudicar el Pedido al siguiente Pector cuyas condiciones le resulten convenientes o en su caso convocar a un nuevo Concurso.

III.16.- GARANTIA DEL PEDIDO-

El Pector a quien se le adjudique el Pedido, deberá entregar dentro de los 20 (veinte) días siguientes a la fecha en que se le haya entregado copia firmada del mismo, 1 fianza en original y 5 copias para garantizar el debido cumplimiento del

Pedido, tanto en calidad como en plazo de entrega y condiciones establecidas en estas Especificaciones. Esta fianza deberá ser expedida a favor de la Tesorería de la Federación por valor del 10% - - (diez por ciento) del monto total del Pedido. El monto de la fianza será fijado en múltiplos de \$ 1 000.00 (UN MIL PESOS) por la Secretaría.

La fianza anterior o las fianzas que posteriormente se expidan de acuerdo con las cláusulas relativas, deberán ser expedidas a favor de la Tesorería de la Federación por una Compañía Mexicana - autorizada.

CAPITULO IV

ESPECIFICACIONES DE FABRICACION DE LAS TUBERIAS

II IV.1.- TRAMOS DE TUBERIA.-

La fabricación de la tubería estará de acuerdo con estas Especificaciones, con los planos de taller preparados por la Secretaría de Recursos Hidráulicos y de acuerdo con la Sección "W" de la Edición 1951 del "Código para Diseño, Construcción, Inspección y Reparación de Recipientes de Presión sin Calor para Gases y Líquidos - Derivados del Petróleo", editado por el "Instituto Americano del Petróleo" y por la "Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos". Cuando haya variaciones entre las Especificaciones del Código y las Especificaciones de la Secretaría de Recursos Hidráulicos o sus Planos, deberán considerarse como buenas estas últimas. Cada tramo deberá formarse de ser posible, con placas que tengan una longitud igual a la circunferencia de la tubería. Las juntas longitudinales estarán localizadas a 45° del eje vertical y en la parte superior, nunca en la inferior, alternándose a la izquierda y a la derecha del eje vertical. Los desajustes entre los extremos no deberán exceder de $1/16"$. Las secciones extremas deberán ser normales al eje longitudinal del tramo, con una tolerancia de $1/16"$. Las orillas deberán ser preparadas para su soldadura en el campo, como se muestra en los planos y deberán estar libres de escamas y superficies imperfectas. Cuando se suelden placas de diferentes espesores, la placa más gruesa - deberá rebajarse en forma cónica de acuerdo con el Código. Las placas de las tuberías deberán rolarse en máquina roladora para formar una sección circular perfecta, con curvatura continua en los extremos de las placas. No se permitirá ninguna corrección en la curvatura -- por medio de golpes. La longitud neta de las secciones de tubería entre los apoyos de la misma, deberá ser como se muestra en los dibujos y no se permitirá ninguna tolerancia por contracción en la soldadura de campo.

Todas las placas de acero empleadas en la construcción de la tubería, serán inspeccionadas en el lugar de adquisición por el procedimiento supersónico, por cuenta de la Secretaría y toda la placa que tenga defectos, tales como hojeaduras, discontinuidades, etc., serán rechazadas.

El costo de la inspección de las placas rechazadas será por cuenta del Fabricante, así como los gastos que ocasionen las maniobras para la inspección de estas últimas.

No se aceptará ninguna placa hasta que haya sido inspeccionada por el procedimiento supersónico y aprobada por la Secretaría.

Todas las placas de acero clase ASTM-A-283-58 Grado C y su calidad deberá ser comprobada por el Inspector de la Secretaría mediante los certificados de calidad de la Laminadora, e mediante pruebas físicas y químicas hechas en probetas tomadas directamente de las placas.

El Fabricante deberá suministrar e instalar en las tuberías como se muestra en los planos, todos los agujeros de inspección y de drenaje, suministrará igualmente todas las tapas, placas, tornillos y empaques para los agujeros de inspección de la tubería, así como para las juntas de dilatación y también los electrodos necesarios para soldadura de campo, con un exceso de 10%.

IV.2.- PEANOS ANEXOS A LAS ESPECIFICACIONES.

PLANOS.- Los planos Nos: 1902-C-827 y *1902-C-828* forman parte de estas Especificaciones.*

CAPITULO V
GENERALIDADES SOBRE LA FABRICACION

III V.1.- CALIDAD DE LA MANUFACTURA Y MANO DE OBRA.-

Todo el trabajo deberá desarrollarse y terminarse de acuerdo con la mejor práctica moderna en la fabricación de los materiales a que se refieren estas Especificaciones y en la manufactura de las diversas partes y accesorios del equipo mencionado a pesar de las omisiones que pudiera haber en las Especificaciones o en los planos.

Las dimensiones mostradas en los planos deberán ser respetadas exactamente y el trabajo será en todos los casos de alta calidad y de ejecución satisfactoria, a juicio de la Secretaría. El Fabricante garantizará todos los materiales y mano de obra suministrados por él, de estar libres de defectos perjudiciales y reemplazará, libre de coste para la Secretaría, cualquier material y mano de obra defectuosa descubierto durante el montaje y pagará a la Secretaría, el importe de cualquier error de que sea responsable el Fabricante.

III V.2.-ACABADO A MAQUINA -

Cuando en los dibujos se especifican superficies acabadas a máquina y no se indique el tipo de acabado, éste deberá ser el más adecuado para la parte a la cual se aplica y podrá ser "liso", "medio" o "tosco" según se define a continuación.

Cuando se especifica o se requiere acabado liso, el trabajo de máquina deberá ser desarrollado en tal forma que produzca superficies prácticamente libres de marcas de herramienta. Será causa suficiente para rechazar esa parte de la manufactura, el hecho de que aparezcan marcas de herramientas profundizadas y otros defectos semejantes.

Cuando se especifican o se requieren superficies con acabado medio, el trabajo deberá ser desarrollado de manera que produzca una superficie uniforme con las dimensiones indicadas y permitidas en los planos.

En general, se requiere una superficie lisa para todas las superficies que están en contacto y deslicen entre sí, se requiere un acabado medio en superficies que están en contacto permanente, cuando se requiere obtener una unión firme; los acabados toscos se requerirán en todas las demás superficies maquinadas.

IV V.3 - FABRICACION CON ACERO ESTRUCTURAL.-

Antes de instalar o trabajar en cualquier forma los materiales, éstos deberán estar rectos y limpios de toda clase de óxidos y suciedad. Si es necesario enderezar algunas partes, éste deberá hacerse por métodos que no perjudiquen el material. Los cortes con sierra y los cortes con flama deberán hacerse cuidadosamente y todo el trabajo expuesto a la vista deberá presentar una buena apariencia. A los extremos de placas o formas que vayan a ser unidos por soldadura, deberá dárseles forma apropiada y seleccionar el tipo de soldadura correcta. Los agujeros abiertos o conexiones con tornillos deberán ser hechos con broca, al tamaño especificado. Toda soldadura deberá ser ejecutada de acuerdo con los párrafos aplicables en el inciso V.5 de esta Cláusula.

V V 4. - CALIFICACION DE LOS OPERADORES DE SOLDADURA.-

El Fabricante será responsable de la calidad del trabajo de soldadura y deberá emplear en la fabricación del equipo únicamente operarios expertos y calificados de acuerdo con el Código quienes no deberán tener menos de 6 meses de experiencia en soldadura de recipientes a presión o tubos semejantes a los que aquí se especifican. Si en opinión de la Secretaría el trabajo de cualquier operario en cualquier tiempo, es dudoso, dicho soldador deberá hacer placas de prueba de acuerdo con el Código de la A.W.S.

V V 5.- SOLDADURA.-

Las superficies que se van a soldar deberán estar limpias y libres de escamas, de óxidos, pintura u otras sustancias extrañas. Toda la soldadura deberá ser ejecutada por el método de arco eléctrico, por un proceso que excluya o aisle a la atmósfera el metal fundido, y si es posible empleando máquinas automáticas. -

Las soldaduras deberán hacerse según se especifica en los dibujos y de acuerdo con la interpretación de los símbolos convencionales para soldadura de la "Sociedad Americana de Soldadura". Todas las soldaduras deberán tener una penetración completa y ninguna clase de imperfecciones. Las costuras de las láminas de la tubería hechas en el taller, así como las de los anillos de refuerzo deberán ser del tipo de "juntas a tope doblemente soldadas". Deberá tenerse especial cuidado en alinear y separar las orillas de las placas que se vayan a soldar a tope de manera que haya una completa penetración y fusión en la parte del fondo de la costura. La raíz de la primera capa de soldadura deberá limpiarse con cincel o alguna otra herramienta especial hasta dejar libre el metal sano, antes de depositar la soldadura en el lado opuesto de la lámina. Después de haber terminado la soldadura, deberán quitarse todas las salpicaduras del metal. Cuando se usan filetes de soldadura, las secciones traslapadas deberán ajustar con mucha precisión y deberán mantenerse firmemente en contacto durante la operación de soldar. El acabado de todas las juntas hechas con soldadura deberá estar razonablemente libre de ranuras, cráteres, depresiones y otras irregularidades. Los cordones de soldadura en las superficies interiores de los tubos no deberán sobresalir más de $1/16$ " de la superficie del tubo y deberán esmerilarse o cincelarse y esmerilarse para que no exceda de esta altura. Los defectos en la soldadura deberán limpiarse con cincel o herramienta especial hasta encontrar metal sano y las cavidades resultantes deberán llenarse en forma satisfactoria, para el Inspector de la Secretaría. Todas las soldaduras reparadas serán radiografiadas por cuenta del Fabricante para probar la calidad de la reparación.

IV V.6. - JUNTAS DE EXPANSION.-

Las juntas de expansión deberán suministrarse con todos los tornillos, pernos, tuercas y empaques como se muestra en los planos. Los anillos interiores, los exteriores y los prensa-estopa deberán fabricarse con exactitud a los diámetros requeridos, a fin de formar ajustes precisos para los estoperos o cajas de empaque, para que éstos aseguren juntas a prueba de agua.

Los extremos de los anillos interiores deberán estar achaflanados como se indica en los planos. Las soldaduras longitudinales deberán ser esmeriladas totalmente al parejo con las superficies interior y exterior de los anillos exteriores. El empaque para cada estopero de las juntas de expansión consistirá en seis anillos de sección cuadrada de empaque de lino grafitado, colocado como se muestra en los planos. El Fabricante deberá suministrar dos anillos de empaque extra por cada junta de expansión./

IV V.7. - INSPECCIONES.-

El equipo detallado en estas Especificaciones, así como los materiales con que se construya, estará sujeto a inspección en los talleres del Fabricante en cualquier tiempo durante la construcción y al terminarse ésta. Ninguna parte del equipo deberá ser embarcada hasta que todas las pruebas, análisis e inspección final correspondientes a esa parte hayan sido hechas o se hayan aceptado copias certificadas de los reportes que indiquen los resultados de las pruebas y análisis o garantías del Fabricante. En el caso de que el Fabricante necesite comprar materiales para la manufactura de alguna parte del equipo, deberá suministrar a la Secretaría tres copias de cada uno de estos pedidos para que si se juzga necesario se envíe a un Inspector al lugar de la adquisición para revisar dichos materiales, especialmente en la adquisición de placa, la cual deberá ser inspeccionada ultrasónicamente. Todos los pedidos que haga el Fabricante para surtirse de materiales, deberán incluir los requisitos correspondientes a estas Especificaciones.

IV V.8.- PRUEBAS RADIOGRAFICAS DE SOLDADURA.-

Tan pronto como sea posible, después de haber hecho la soldadura, todas las juntas longitudinales así como aquellas juntas circunferenciales que a juicio del Inspector lo requieran y sin exceder del 10% de éstas, deberán ser radiografiadas por cuenta de la S.R.H. La película usada para hacer las radiografías, será del tipo de combustión lenta (slow-burning). Las radiografías se tomarán estrictamente de acuerdo con los requisitos y con la técnica descrita en la Sección W-524 de la Edición 1951 del Código API-ASME.

Todas las radiografías se entregarán a los Inspectores de la Secretaría, con objeto de que éstos juzguen de la calidad de todas las juntas soldadas.

Ninguna soldadura se dará por aceptada, hasta que se tenga el dictamen del Inspector. Los defectos de soldadura, que sean mostrados por las radiografías deberán cincelarse o maquinarse hasta encontrar el metal sano y las cavidades resultantes deberán ser soldadas otra vez; las soldaduras que hayan sido reparadas se radiografiarán otra vez, por cuenta del Fabricante. El Fabricante deberá preparar y suministrar una diagrama de marcas de cada tubería mostrando la localización de cada radiografía para cada junta soldada. Todas las radiografías serán propiedad de la Secretaría. La Secretaría suministrará todo el equipo, aparatos, herramientas y trabajo requerido para efectuar las pruebas radiográficas.

IV V.9.- ARMADO DE TALLER.-

No es necesario un armado completo de taller de la tubería, pero cada sección fabricada deberá ajustarse cuidadosamente en el taller del Fabricante a sus secciones adyacentes para asegurar que todas las partes han ajustado con propiedad y que las dimensiones y claros son los mostrados en los dibujos.

IV V.10.-MARCADO Y DIAGRAMAS.-

Cada sección de las tuberías deberá ser marcada y contra marcada para mostrar la parte superior e inferior de las secciones sobre la línea vertical del centro, la dirección de la corriente de agua y el número de serie.

El Fabricante deberá preparar diagramas de marcado indicando claramente la localización de cada sección numerada y de cada parte perteneciente a la tubería completa y enviará 3 copias de cada uno de sus diagramas a la Secretaría.

IV V.11.-CALCOMANIAS CON EL NOMBRE DEL FABRICANTE.-

El Fabricante podrá fijar pequeñas calcomanías en las piezas grandes o principales con su nombre, dirección y demás datos.

IV V.12.- PESOS.- El Fabricante deberá pesar todas las partes completas en básculas exactas y deberá hacer una lista completa de tales pesos netos, excluyendo las cajas y otros dispositivos para embarque, debiendo informarles a la Secretaría. Los pesos netos finales de cada una de las piezas grandes, deberán también indicarse en las piezas, por medio de pintura o etiquetas fijadas a las piezas antes del embarque.

CAPITULO VI

ESPECIFICACIONES PARA LA PINTURA DE LAS TUBERIAS

V VI.1.- GENERALIDADES.-

Una vez que las diversas piezas que forman la tubería hayan sido fabricadas y se tenga la conformidad del Inspector de la Secretaría, se procederá a efectuar la limpieza de las mismas y a la aplicación de la pintura de taller correspondiente, dejando sin pintar una faja de 15 cm. tanto exterior como interior, en los extremos en la zona de soldadura de campo. El procedimiento a seguir para su aplicación será el siguiente:

I VI.2.- LIMPIEZA CON CHORRO DE ARENA.-

Las superficies metálicas se limpiarán por el procedimiento de "chorro de arena" (sand-blasting), para lograr una superficie libre de escamas, herrumbre, pintura o cualquier materia extraña.-

Antes de la limpieza con "chorro de arena", se esmerilarán todas las rugosidades los bordes agudos y las gotas de soldadura.

Cuando la limpieza ha terminado, la superficie metálica deberá quedar de un color gris blanco uniforme, tal como se define en el "Surface Preparation Specification No. 5, Blast Cleaning to White Metal" de la Steel, Structures Painting Council. Las superficies manchadas indican una limpieza incompleta, lo cual no es conveniente y por lo tanto, toda zona manchada deberá ser limpiada con "chorro de arena" nuevamente.

Cuando se haya terminado la limpieza con "chorro de arena" se quitará todo el polvo, con un cepillo limpio o usando un aspirador de polvo mecánico.

Debido a que las superficies limpiadas con "chorro de arena" se corroen rápidamente, la pintura deberá aplicarse después de la limpieza. No deberá permitirse, que la superficie del metal permanezca descubierta toda la noche y que grasas, aceite u otras sustancias orgánicas entre en contacto con la superficie antes de la aplicación de la pintura.

V VI.3.- PINTURA EXTERIOR DE TALLER.-

La protección exterior de la tubería, se hará mediante la aplicación de: como principio permanente, una mano de recubrimiento 100% inorgánico de silicato de zinc y de acabado, un recubrimiento vinílico de altos sólidos, como el Dinetcote No. 3 y el

Amercoat No 99 o similares respectivamente, para la aplicación correcta de estos recubrimientos, deberán seguirse las instrucciones del Fabricante de los mismos, a la terminación de los trabajos de montaje, deberá pintarse la franja que se dejó sin pintar en los extremos para soldadura y resanarse las raspaduras y rayones que hubiese sufrido la tubería durante el transporte y el montaje.

El espesor mínimo de la película seca del sistema completo debe ser de 9 milésimas de pulgada.

V VI.4. - PINTURA INTERIOR DE TALLER.-

Después de haber limpiado por el procedimiento de "chorro de arena", siguiendo el mismo sistema que para la limpieza exterior, se aplicará un revestimiento vinílico de 3 componentes, -- primario, intermedio y acabado como el Amercoat No. 23 o similar, a fin de obtener la protección adecuada contra la corrosión, se deberán seguir las instrucciones del Fabricante de estos productos.

El espesor mínimo de la película seca del sistema completo debe ser de 10 milésimas de pulgada.)

VI VI.5.- INSPECCION DE LA PINTURA.-

Tanto el recubrimiento exterior como el interior se inspeccionará con un medidor de espesor magnético (Elcometer o Mikrotest) para comprobar que los espesores no son inferiores a los mínimos especificados, si es necesario, se darán manes extras de las áreas con recubrimiento demasiado delgado, a modo de engruesarlo hasta el mínimo especificado.

VI VI.6.-OTRAS PINTURAS.-

En caso de que el Fabricante de la tubería proponga otro tipo de recubrimiento, tanto para el exterior como el interior de las piezas, deberá suministrar a la Secretaría dos tantos de las Especificaciones y características del recubrimiento y dos tantos de las Especificaciones de aplicación del mismo, a efecto de que la Secretaría apruebe por escrito la utilización del recubrimiento propuesto.

Si el recubrimiento indicado en estas Especificaciones es -
sustituído por el Fabricante , sin la aprobación escrita de la -
Secretaría, ésta exigirá al Fabricante la limpieza total de los -
tubos y la reposición del recubrimiento tal como se especifica en
este Capítulo. /

En el caso de que el recubrimiento propuesto no sea cono-
cido por la Secretaría, el Fabricante deberá suministrar, con to-
da anticipación una muestra del mismo para que se hagan las - --
pruebas del Laboratorio necesarias y se pueda juzgar la calidad
del recubrimiento que se pretende utilizar. |

CAPITULO VII
OBLIGACIONES DEL FABRICANTE

VII VII.1.- EXTRAS.-

El Fabricante deberá, cuando se le ordene por escrito desarrollar cualquier trabajo extra o incluir cualquier material extra no cubierto por las Especificaciones, pero formando parte inseparable del trabajo.

El trabajo y material extra se pagará por una suma global e precio unitario en que estén de acuerdo la Secretaría y el Fabricante.

VII VII.2.- GARANTIAS QUE DEBERA SUMINISTRAR EL FABRICANTE.-

VII.2.1.- Garantía de Cumplimiento.- El Fabricante deberá otorgar una fianza a favor de la Secretaría, en los términos que se indican en la Cláusula III.1.g. Esta fianza servirá para garantizar los plazos de entrega propuestos por el Fabricante y aceptados por la Secretaría.

VII VII.2.2.- Garantía de Calidad y Buen Funcionamiento.- El Fabricante no recibirá el pago total, aún cuando todo esté totalmente terminado, pues se le retendrá un 10% del importe del Pedido, hasta que otorgue una fianza a favor de la Secretaría por el mismo 10% retenido y que deberá estar en vigencia durante 18 (dieciocho) meses después de la fecha en que los trabajos descritos anteriormente fueron recibidos de conformidad por la Secretaría y que servirá para garantizar el buen funcionamiento y las reparaciones a que haya lugar del equipo durante un periodo de un año y medio.

VII.3.- SANCIONES.-

La Secretaría sancionará al Fabricante con una multa de 2 o/00 (dos al millar) del valor total del Pedido, por cada semana de atraso en la entrega de cualquiera de las partidas que componen el Pedido. Estas multas serán acumulables hasta dar un total máximo del 10% del total del Pedido.

Si el Fabricante, al hacer la entrega de las últimas partidas, recupera el tiempo perdido en la entrega de las Partidas anteriores y no se causan perjuicios a la Obra, no tendrá ninguna sanción económica.

VII.4.- PLAZOS DE ENTREGA.-

Los plazos de entrega deberán ser los mínimos posibles y se tomará como fecha de entrega de cada una las partidas, el plazo indicado en el Catálogo por el Fabricante cuando hizo la cotización.

Los plazos de entrega principiarán a contarse a partir de la fecha en que el Postor agraciado reciba aviso por escrito de parte de la Secretaría, que le ha sido adjudicado el Pedido de fabricación correspondiente, aún cuando la tramitación formal de éste no haya sido terminado. Estos plazos no deberán exceder por ningún motivo del plazo de 6 (seis) meses ya indicado.

VII.5.- ACCESORIOS.-

A menos que se diga específicamente otra cosa, el Fabricante deberá suministrar todos los materiales, accesorios, y partes a que se refieren estas Especificaciones, aún cuando no se muestren en los dibujos y asimismo todos los materiales, accesorios y partes mostrados en los dibujos, aún cuando no se mencionen en estas Especificaciones. El Fabricante deberá incluir en sus cotizaciones las Especificaciones de los materiales que empleará para los trabajos mencionados.

VII.6.- CALENDARIO DE FABRICACION.-

Formando parte de su proposición, el Postor deberá presentar un Calendario de Fabricación y Entregas con el cual la Secretaría podrá juzgar de las fecha aproximadas en que estará en posibilidad de recibir las diferentes partes.

Una vez que la Secretaría haya dado aviso al Postor agraciado, - de que le ha sido adjudicado el Pedido, el Calendario citado pasará a formar parte del Pedido que se celebre entre la Secretaría y el Fabricante, pudiendo de común acuerdo sufrir modificaciones en beneficio de los intereses de la Secretaría.

El Calendario de Fabricación deberá formularse, tomando en cuenta el proceso natural de montaje en la Obra, de manera que las diferentes partes que se vayan terminando y enviando, puedan instalarse inmediatamente sin interrumpir el montaje. El Fabricante deberá someter a la aprobación de la Secretaría el Calendario de Trabajo indicado anteriormente y deberá detallar los plazos de entrega de los diferentes trabajos.

VII.7.-PATENTES Y REGISTROS.-

El Fabricante deberá evitar que tanto la Secretaría como los Directores, Agentes, empleados o trabajadores de ésta, queden mezclados e incurran en responsabilidades de cualquier clase; - cualquier gasto que tenga por origen el empleo o manufactura de alguna composición registrada, proceso secreto, invención patentada o sin patentar o cualquier artículo o útil relacionado con el Pedido, será por cuenta del Fabricante.

VII.8 - PROTESTAS.-

Si el Fabricante considera que cualquier trabajo está fuera de los requisitos del Pedido, o considera indebido cualquier fallo de la Secretaría o de sus Inspectores, deberá inmediatamente pedir por escrito a la Secretaría sus instrucciones o decisión, de tal manera que pueda proseguir sin demoras en la ejecución del trabajo. Deberá dentro de los 10 (diez) días después de haber recibido las instrucciones escritas, poner su protesta por escrito, estableciendo claramente y en detalle las bases de su objeción. Excepto para dichas protestas u objeciones, que deberán ser hechas en la forma indicada, las órdenes, fallos, instrucciones o decisiones de la Secretaría serán definitivos; las instrucciones o decisiones de la Secretaría contenidas en cargas con las que se entreguen dibujos al Fabricante, deberán considerarse como instrucciones escritas o decisiones para el objeto de esta Cláusula.

VII.9.- CANCELACION POR INCUMPLIMIENTO.-

En el caso de que cualquiera de las Cláusulas del Pedido sean violadas por el Fabricante o cualquier Subcontratista del mismo, la Secretaría puede dar por cancelado el Pedido notificándolo por escrito al Fabricante y podrá hacer la adquisición en fuentes similares en el mercado o en alguna otra forma y el Fabricante deberá pagar a la Secretaría cualquier costo extra que le ocasione la cancelación.

VII.10.- DE LOS SUBCONTRATISTAS.-

El Fabricante será responsable de las demoras y errores que pudieran ocasionar los Subcontratistas que colaboren con él para la fabricación del equipo, teniendo la obligación de vigilar los procedimientos, materiales, etc., que intervienen en la fabricación del equipo para no ocasionar demoras en la entrega, todo esto aparte de la inspección que efectúen las personas nombradas por la Secretaría.

VII.11.- PAGOS.-

El pago de los trabajos por ejecutar se hará contra la presentación de los siguientes documentos:

- 1.- Factura comercial en original y 9 copias.
- 2.- Certificado de inspección supersónica de la placa en placa en la fabricación de la tubería.
- 3.- Certificado de inspección y aceptación por parte de la Secretaría de los trabajos ejecutados a su completa satisfacción.
- 4.- Certificado de recepción en la Obra de las piezas facturadas.
- 5.- Conocimiento de embarque de las piezas facturadas consignadas a la Secretaría de Recursos Hidráulicos en la Obra. Se deberá enviar también a la Dirección de Proyectos y a las Oficinas de la Secretaría en Querétaro, Qro., dos copias de la factura y del conocimiento de embarque.



centro de educación continua
división de estudios superiores
facultad de Ingeniería, unam



PLANEACION, DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PRESAS

ESPECIFICACIONES PARA LA ADQUISICION DE LAS VALVULAS DE EMERGENCIA Y DE SERVICIO, ASI COMO MECANISMOS Y TRAMOS DE TUBERIA ANEXOS QUE SE INSTALARAN EN LA OBRA DE TOMA DE LA PRESA "SAN ILDEFONSO", QRO.

FEBRERO, 1980

I N D I C E

CAPITULOS I Y II.- INVITACION

- PROPOSICION DEL POSTOR
- ANEXOS A LA PROPOSICION DEL POSTOR
- CATALOGO DE CONCEPTOS Y CANTIDADES Y PRECIOS UNITARIOS
- CALENDARIO DE FABRICACION Y ENTREGA

CAPITULO III.- INFORMACION DE LA SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS AL POSTOR

- III.1.-PRESA
- III.2.-OBRA DE TOMA
- III.3.-ESPECIFICACIONES Y PLANOS
- III.4.-FACILIDADES Y SEGURIDAD EN EL TRANSPORTE Y EMBARQUE
- III.5.-LUGAR DE ENTREGA

CAPITULO IV.- REQUISITOS PARA CONCURSAR Y PARA ADJUDICAR EL PEDIDO

- IV. 1.-FORMA DE PRESENTAR LA PROPOSICION
- IV. 2.-GARANTIA DE LA PROPOSICION
- IV. 3.-CAPACIDAD DEL POSTOR
- IV. 4.-ESTUDIO DE LAS INFORMACIONES
- IV. 5.-PROPOSICION EN FORMA DE CATALOGO
- IV. 6.-CALENDARIO DE FABRICACION Y ENTREGA
- IV. 7.-TESTIMONIO Y OTROS DOCUMENTOS
- IV. 8.-OTROS DATOS DEL POSTOR
- IV. 9.-ENTREGA DE LA PROPOSICION
- IV.10.-RETIRO DE LA PROPOSICION
- IV.11.-APERTURA DE LAS PROPOSICIONES
- IV.12.-REVISION DE LA PROPOSICION
- IV.13.-CONSIDERACION DE LAS PROPOSICIONES Y DERECHO PARA RECHAZALLAS
- IV.14.-DESCALIFICACION DE POSTORES
- IV.15.-DECISION SOBRE EL CONCURSO
- IV.16.-ADJUDICACION DEL PEDIDO
- IV.17.-DEVOLUCION DE LAS GARANTIAS A LOS NO AGRACIADOS
- IV.18.-FIRMA DEL PEDIDO
- IV.19.-DEVOLUCION DE LA GARANTIA AL POSTOR AGRACIADO
- IV.20.-NO FORMALIZACION DEL PEDIDO
- IV.21.-COTIZACION Y CONDICIONES DE GASTOS

CAPITULO V.- REQUISITOS GENERALES DEL CONTRATO

- V.1.- PLAZOS DE ENTREGA
- V.2.- GARANTIA DE CALIDAD
- V.3.- FIANZAS
- V.4.- FABRICACION E INSPECCION
- V.5.- RECEPCION DEL EQUIPO
- V.6.- PRORROGA DE LOS PLAZOS DE ENTREGA
- V.7.- SANCIONES POR INCUMPLIMIENTO DEL CALENDARIO DE FABRICACION Y ENTREGA.
- V.8.- SUSPENSIONES
- V.9.- CADUCIDAD Y RESCISION DEL PEDIDO
- V.10.- OBJECIONES A TRABAJOS Y FALLOS
- V.11.- MODIFICACIONES A EQUIPOS REVISADOS
- V.12.- PATENTES Y REGISTROS

CAPITULO VI.- REQUISITOS ESPECIALES

- VI.1.- ACLARACIONES SOBRE DATOS Y DIBUJOS
- VI.2.- TRABAJOS O MATERIALES EXTRA
- VI.3.- DATOS QUE PROPORCIONA EL CONTRATISTA.
- VI.4.- CALENDARIO DE FABRICACION Y ENTREGA
- VI.5.- FACILIDADES PARA LA INSPECCION
- VI.6.- REQUISITOS DE EMBARQUE Y TRANSPORTE
- VI.7.- INFORMES Y DOCUMENTOS DE EMBARQUE
- VI.8.- FORMA DE PAGO
- VI.9.- ESTIMACION Y DOCUMENTOS PARA HACER PAGOS PARCIALES

CAPITULO VII.- ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

- VII.1.-VALVULA DE MARIPOSA DE EMERGENCIA
 - VII.1.1.- La carcasa
 - VII.1.2.- La lenteja
 - VII.1.3.- Tubo de Rodeo (By-pass)
 - VII.1.4.- Mecanismo de Operación y Controles
- VII.2.-PIEZAS ADYACENTES A LAS VALVULAS
- VII.3.-VALVULAS DE DESCARGA LIBRE PARA SERVICIO
 - VII.3.1.- Válvulas de Servicio de Chorro Divergente.
- VII.4.-TRONCO DE CONO
- VII.5.- SUMINISTRO TOTAL DEL EQUIPO

CAPITULO VIII.- ESPECIFICACIONES DE MATERIALES

VIII.1.-MATERIALES PARA LAS VALVULAS

VIII.2.-MATERIALES PARA EL TRONCO DE CONO Y TRAMO DE TUBO

VIII.3.-GARANTIA DE MATERIALES

VIII.4.-NORMAS

CAPITULO IX.- ESPECIFICACIONES GENERALES DE FABRICACION? PINTURA Y FINALES.

IX.1.- GENERALIDADES SOBRE FABRICACION

IX.1.1.- Condiciones Generales

IX.1.2.- Calidad de la Manufactura

IX.1.3.- Acabado a Máquina

IX.1.4.- Soldadura

IX.2.- FABRICACION DE LAS VALVULAS

IX.3.- FABRICACION DEL TRONCO DE CONO Y DE LOS TRAMOS RECTOS DE TUBERIA

IX.4.- MOTORES ELECTRICOS

IX.5.- ARMADO

IX.6.- PINTURA

IX.6.1.- Válvula de Mariposa / de Servicio

IX.6.2.- Tronco de Cono y Tramo de Tubo Recto

IX.7.- MARCADO Y DIAGRAMA DE MARCADO

IX.8.- RESOS

IX.9.- PLACAS CON EL NOMBRE DEL FABRICANTE

CAPITULO X.- CLAUSULAS DE INSPECCION

X.1.- ATRIBUCIONES DE LOS INSPECTORES

X.2.- COSTO DE LA INSPECCION

X.3.- ELEMENTOS QUE EL FABRICANTE PROPORCIONARA A LOS INSPECTORES

X.4.- SUMINISTRO DE DIBUJOS A LOS INSPECTORES

X.5.- INSPECCION DE LOS EQUIPOS O DE SUS PARTES FABRICADAS POR SUBCONTRATISTAS.

X.6.- INFORME SOBRE EL PROGRESO DE LOS TRABAJOS

X.7.- RECEPCION FINAL

X.8.- CERTIFICADO DE ACEPTACION

CAPITULO XI.- ENSAYOS Y PRUEBAS

XI.1.- PRUEBAS DE MATERIALES

XI.2.- PRUEBAS DE LA VALVULA DE MARIPOSA Y DE EMERGENCIA**XI.2.1.- Prueba del Mecanismo de Operación****XI.2.2.- Prueba Hidrostática****XI.3.- PRUEBA DE LAS VALVULAS DE SERVICIO DE DESCARGA LIBRE****XI.3.1.- Pruebas del Mecanismo de Operación****XI.3.2.- Pruebas Hidrostáticas****XI.4.- REPARACIONES****XI.5.- PRUEBAS RADIOGRAFICAS DE SOLDADURA**

C. ING. LEANDRO ROVITOSA WADE
SECRETARIO DE RECURSOS HIDRAULICOS
PASEO DE LA REFORMA No. 69
MEXICO, D.F.

El Postor que suscribe - - - - -
Por la Sociedad - - - - - ; - - - - -
Representada por- - - - -

PROPONE:

De acuerdo con el Catálogo, Especificaciones y Planos anexos a la Convocatoria de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, correspondiente a la fabricación de las válvulas y tramos de tubo adyacentes, que se instalarán en la Obra de Toma de la Presa "SAN ILDEFONSO", en el Distrito de Fie- ro No. 23, San Juan del Río, Qro.

- a).- La fabricación y entrega L.A.B. Tampico, Tamps., con flete pagado hasta la Presa "SAN ILDEFONSO", de las válvulas, tramos de tubería anexos, controles y accesorios indicados en el Catálogo adjunto.
- b).- Suministrar todas las Especificaciones, Planos de Conjunto y de Detalle respectivos.
- c).- Limpiar y pintar las válvulas de acuerdo con las Especificaciones, suministrando la pintura necesaria para el resane y la pintura de campo.
- d).- Instalar, con su personal, las válvulas, objeto de esta Proposición y probarlas, hasta dejarlas funcionando a satisfacción de la Secretaría, teniendo en cuenta que la instalación se llevará a cabo un año después de haberse adquirido.
- e).- El Postor declara que los precios que se asientan en el Catálogo incluyen las utilidades y compensación total que recibirá por concepto de mano de obra, pintura, empleo de herramienta, maquinaria y equipo; adquisición, carga, transporte, descarga, almacenamiento, manejo y aplicación de los materiales de acuerdo con las Especificaciones; suministro de transporte, embalaje, protección, pruebas de ajuste y de calidad del equipo construido, así como seguros de viaje del equipo hasta su entrega en la Obra de la Presa "SAN ILDEFONSO" en el Edo. de Querétaro; transportes, salarios, herramienta y seguros de su personal encargado de la instalación, así como sus gastos de manutención y alojamiento.

El Postor se compromete a aceptar el pedido respectivo, cuyas cláusulas se basarán en las Especificaciones correspondientes de esta Convocatoria y en los precios que se asientan en el Catálogo anexo, dentro de los 20 (veinte) días posteriores a la fecha de la notificación escrita por parte de la Secretaría, informándole de la adjudicación del Pedido. Se compromete también a entregar, dentro de los 20 (veinte) días siguientes a la fecha en que la Secretaría le entregue copia firmada del oficio de adjudicación, la fianza que se exige de acuerdo con la cláusula respectiva de las Especificaciones.

Se envía con este escrito el siguiente documento: Cheque certificado a favor de la Secretaría por la cantidad de: \$ 20 000.00 -- (VEINTE MIL PESOS 00/100 M.N.) El Postor declara expresamente su conformidad para que, en el caso de que no acepte el Pedido dentro del plazo señalado, o en caso de que, habiéndolo aceptado no otorgue la garantía o fianza correspondiente dentro de un plazo de 20 (veinte) días de calendario a partir de la fecha del oficio en que se le notifique la adjudicación del Pedido, se aplique el importe total del mencionado documento, a favor de la Secretaría como indemnización por los perjuicios ocasionados.

El Postor declara haberse enterado de las Especificaciones y planos con los cuales está conforme.

El Postor se obliga a iniciar los trabajos, objeto de esta Convocatoria, dentro de los 20 (veinte) días de calendario posteriores a la fecha en que la Secretaría le notifique por escrito la adjudicación del Pedido. También se obliga a terminar el trabajo y a entregarlo en la Obra de la Presa "SAN ILDEFONSO", en un plazo no mayor de 6 (seis) meses a partir de la fecha de la notificación y de acuerdo con los tiempos de entrega que se anotan en el Catálogo. El montaje del equipo se hará un año después de haberse adquirido las válvulas, de acuerdo con el avance de la instalación de la tubería forzada.

De acuerdo con las estipulaciones de las cláusulas IV.1, IV.2, IV.5, IV.6 y IV.7 (forma de presentar la proposición y anexos a la proposición) de las Especificaciones, se anexan los siguientes documentos:

.../...

- 1.- El Catálogo con los precios unitarios e importe anotado L.A.B. Tampico, Tamps., con flete pagado hasta la Presa "SAN ILDEFONSO", Oro.
- 2.- El Cheque certificado previamente citado, por valor de: \$ 20 000.00 (VEINTE MIL PESOS 00/100 M.N.).
- 3.- Programa de fabricación, entrega y montaje de las válvulas en forma detallada y gráficamente.
- 4.- Información descriptiva y gráfica de los talleres - donde se pretenden fabricar las válvulas señalando - los elementos con que se cuenta y la ubicación del - taller.
- 5.- Relación de los trabajos semejantes que haya ejecutado el Fabricante.

México, D.F., a de de 1971

FIKMA Y NOMBRE DEL POSTOR

RAZON SOCIAL Y DOMICILIO

.../...

CAPITULO III

INFORMACION GENERAL.

III.1.- PRESA.- La Presa "SAN ILDEFONSO", sobre el Río Prieto, en la que la Secretaría de Recursos Hidráulicos quiere efectuar el cambio de la tubería y de las válvulas existentes, está localizada aproximadamente a 63 Km. de la ciudad de San Juan del Río, Oro.

La Presa tiene su corona a la elevación de 2241.65 m., y almacena 52 000 000 de metros cúbicos.

III.2.- OBRA DE TOMA.- La Obra de Toma está formada por un túnel de sección de herradura de 3.80 m. de diámetro. Aproximadamente a una tercera parte del túnel se encuentra instalado un tubo - tapón de 1066.8 mm. de diámetro. Inmediatamente aguas abajo de este tubo - tapón se colocará un anillo de placa de 400 mm. de longitud e inmediatamente se instalará una válvula de mariposa de 1219.2 mm. (48") de diámetro y enseguida de ella se instalará una tubería forzada de 1066.8 mm. de diámetro. En el extremo aguas abajo de la tubería forzada se instalará una válvula de servicio de chorro divergente de 91.44 cm. (36") de diámetro que se utilizará para las extracciones de agua necesarias para el riego.

III.3.- ESPECIFICACIONES Y PLANOS.- En los Capítulos VII al XI se detallan las Especificaciones a que debe sujetarse el diseño, los materiales, la fabricación, la inspección y las pruebas de todas las piezas, objeto de este Concurso. En el Capítulo VI.1 y VI.3 se indican los requisitos relacionados con los dibujos y planos que se proporcionan al Fabricante y los que él debe suministrar. Estas Especificaciones deberán cumplirse o en su defecto las del Fabricante que sean equivalentes o superiores a las de la Secretaría, con su previa aprobación y que a su juicio puedan aceptarse sin menoscabo de la seguridad, buena calidad y economía del producto fabricado.

III.4.- FACILIDADES Y SEGURIDAD EN EL TRANSPORTE Y ENBARQUE.- En vista de que las dimensiones de las válvulas no son muy grandes, se podrán transportar por camión hasta la Obra y almacenarse adecuadamente para que el mismo Fabricante proceda a su instalación, un año después de su adquisición.

III.5.- LUGAR DE ENTREGA.- Las válvulas y su equipo adicional deberán ser embarcados por el Fabricante con destino a Tampico, Tamps., en caso de que sea fabricado en Europa; ó en Ciudad REynosa, Tamps., en el caso de que fabrique en los EE. UU. de Norteamérica y reexpedirse a la Presa "SAN ILDEFONSO", por los medios que convenga al Fabricante y garantice la seguridad del equipo, ya que éste es responsable del equipo hasta su instalación.

CAPITULO IV

REQUISITOS PARA CONCURSAR Y PARA ADJUDICAR EL PEDIDO

IV.1.- FORMA DE PRESENTAR LA PROPOSICION.-

De acuerdo con lo que se establece en estas Especificaciones, se pide proposición de precio y de plazos para la entrega de las diferentes partes que forman la válvula de emergencia y la de servicio, sus elementos de operación, de control y tramos de tubo adyacentes, así como el equipo complementario que aquí se menciona, de manera que pueda ser comparada fácilmente con la de los demás concursantes, para lo cual dicha proposición, que se presentará por triplicado, contendrá además de la cartegade remisión firmada por sí o por su Representante debidamente acreditado, los documentos y datos que se describen en los siguientes párrafos. Se solicita igualmente cotización por separado para la supervisión de la instalación de las válvulas y su equipo complementario.

IV.2.- GARANTIA DE LA PROPOSICION.-

Para garantizar su seriedad y solvencia, el Postor entregará con su proposición, un cheque certificado a favor de la Secretaría de Recursos Hidráulicos por \$ 20 000.00 (VEINTE MIL PESOS 00/100 M.N.), que le será devuelto al Postor si no obtuvo el Pedido, dentro de los 30 (treinta) días posteriores a la fecha del Concurso. Al Postor que obtenga el Pedido, se le devolverá ese cheque al firmar este documento, pero se le hará efectiva esa garantía, si no otorga, dentro de los 20 (veinte) días de calendario siguientes a la fecha del oficio en que la Secretaría le comunica la adjudicación del Pedido, la fianza que garantiza los plazos de entrega de las válvulas y sus accesorios, o si no inicia los trabajos dentro de los 20 (veinte) días siguientes al aviso escrito por parte de la Secretaría de que el Pedido les fué adjudicado.

IV.3.- CAPACIDAD DEL POSTOR.-

El Postor hará una breve exposición del sitio donde se encuentran los talleres en que se fabricará la válvula; de los elementos en maquinaria, de equipo y personal con que cuenta para hacer esa fabricación y para hacer las pruebas que se especifican; proporcionará una lista de las válvulas semejantes que haya fabricado indicando sus principales características y el lugar y fecha de instalación y dará cualquier otra información —

que permita cerciorarse de su capacidad y experiencia en la fabricación de válvulas semejantes y de los resultados obtenidos durante el funcionamiento de las mismas.

IV.4.- ESTUDIO DE LAS INFORMACIONES.-

El Postor entregará una declaración escrita de haber estudiado y conocido todos los requisitos, las Especificaciones y las informaciones que se le proporcionaron, para que presentara sus proposiciones, las cuales, por lo tanto, son definitivas y las mejoras que ofrecer a la Secretaría, de acuerdo con aquellos requisitos, Especificaciones e informaciones.

IV.5.- PROPOSICION EN FORMA DE CATALOGO.-

Para que sean fácilmente comparables, las proposiciones deberán resumirse en el Catálogo que para el efecto se le entrega al Postor con el resto de las informaciones que proporciona la Secretaría. Los datos que anote el Postor en ese Catálogo, serán confirmados por medio de su firma o la de su Representante autorizado y deberán referirse a los siguientes conceptos:

- a).- Un precio firme y definitivo correspondiente a los materiales, uso de herramienta y equipo, depreciaciones de maquinaria, de manufactura, pruebas, empaque y embarque, gastos indirectos y utilidades que pretenda el Fabricante para entrega a satisfacción de la Secretaría, todas las piezas, motivo de este Concurso, L.A.B. Tampico o Cd. Reynosa, con flete pagado hasta la Presa "SAN ILDEFONSO" Oro. -
- b).- Precio unitario por tonelada neta de los artículos, motivo de la proposición.
- c).- Precio global para el transporte desde la fábrica al punto de destino escogido. Este precio deberá ser fijo y se considerará en la comparación de las cotizaciones.
- d).- Los plazos necesarios para preparar la memoria de cálculos y dibujos de taller después de recibir el Pedido, teniendo entendido que el tiempo que transcurra hasta su aprobación final, se cuenta dentro del plazo de entrega del equipo, motivo de la proposición

- a).- Presupuesto general y condiciones para que un técnico montador de la fábrica se traslade a la Obra a su pervisar la instalación y prueba del equipo, hasta dejarlo funcionando a satisfacción de la Secretaría, tomando en cuenta que dicha instalación se ejecutará un año después de la adquisición.

Este presupuesto podrá ser o no, considerado posteriormente según convenga a la Secretaría.

IV.6. -CALENDARIO DE FABRICACION Y ENREGA.-

El fabricante presentará un calendario en que se indique el programa de cálculos, proyecto y ejecución del equipo, motivo de la proposición, señalando los plazos para principiar y terminar las entregas, -contados a partir de la aceptación de los dibujos de taller por la Secretaría.

IV.7.-TESTIMONIOS Y OTROS DOCUMENTOS.-

El Postor incluirá en su proposición, los testimonios o documentos que certifiquen:

- a).- La personalidad de sus Representantes.
- b).- Su capacidad para cumplir íntegramente con el compromiso que en su caso contraiga con la Secretaría, de suministrarle las válvulas, mecanismos de operación y accesorios, objeto de este Concurso, sin que a —ello se opongan patentes, leyes, reglamentos o restricciones que están en vigor en el País en que se fabriquen o que se exporten las válvulas y que por su cuenta hará el Postor cualquier gestión que por estos conceptos se requiera para realizar a tiempo el suministro contratado, sin otros compromisos para la Secretaría, fuera de los estipulados en el Pedido.

IV.8.- OTROS DATOS DEL POSTOR.-

El Postor deberá suministrar los dibujos, las informaciones o documentos adicionales que a su juicio puedan aclarar más su proposición, pero todo ello será entregado precisamente el día del Concurso.

IV.9. - ENTREGA DE LA PROPOSICION.-

La proposición deberá entregarse en sobre cerrado y sellado. Se escribirá claramente fuera del sobre, el número del Concurso, la designación completa del trabajo de que se trata y el nombre y dirección del Postor. La proposición será entregada personalmente por el Postor o por su Representante, el día y hora señalados para la apertura de las mismas y deberá ir acompañada con los anexos a que se refieren las cláusulas IV.1 y siguientes.

IV.10.- RETIRO DE LA PROPOSICION.-

Una vez presentada la proposición no podrá ser retirada por ningún motivo.

IV.11.- APERTURA DE LAS PROPOSICIONES.-

Las proposiciones se abrirán con intervención de un representante de la Secretaría del Patrimonio Nacional, de las autoridades de la Dirección de Proyectos y de Compras y en presencia de los interesados que asistan al acto; se leerán en alta voz, en el lugar, día y hora especificados en la Convocatoria y se rubricarán por los presentes, levantándose un acta al respecto.

IV.12. REVISION DE LA PROPOSICION.-

La Secretaría comprobará que el Postor ha cumplido con todos los requisitos del Concurso.

Los precios anotados por el Postor en el Catálogo de precios, se convertirán todos ellos a moneda nacional y serán revisados por la Secretaría.

En caso de discrepancia entre los precios anotados con números y los anotados con letra, estos últimos serán los que se tomarán en cuenta.

En caso de discrepancia entre el precio unitario y el precio global, será este último el que se considera como definitivo.

IV.13.- CONSIDERACION DE LAS PROPOSICIONES Y DERECHO PARA RECHAZARLAS.-

La Secretaría se reserva el derecho de dispensar defectos en las proposiciones y de rechazar alguna, algunas o todas ellas.

Las proposiciones pueden ser rechazadas por la Secretaría si no contienen todos los datos solicitados; si muestran cualquier alteración del esqueleto o forma proporcionada al Postor a que se

refiere la Cláusula IV.1; si contienen tachaduras o enmendaduras, o si está escrita con letra no fácilmente legible que haga dudosa su interpretación, si contiene posturas condicionales o alternativas, o adiciones cuando no se hayan pedido; si el Postor se reserva el derecho de aceptar el Pedido en caso de que a él se le adjudique y en general si presenta irregularidades de cualquier clase.

También podrán ser rechazadas, alguna, varias o todas las proposiciones si contienen precios evidentemente desproporcionados o si a juicio de la Secretaría discrepan notablemente de los precios estudiados previamente por la misma Secretaría de Recursos Hidráulicos.

IV.14.- DESCALIFICACIONES DE POSTORES.-

Se considerará como causa suficiente para descalificar a un Postor, cualesquiera de las siguientes circunstancias:

- a).-Que presenta varias proposiciones bajo el mismo o diferente nombre, ya sea por sí mismo o formando parte de cualquier firma, Compañía o Asociación.
- b).-Que forme parte de una colusión o que se ponga de acuerdo con otros Postores para hacer subir los precios propuestos.
- c).- Que no haya cumplido debidamente con otros Pedidos con la Secretaría o con cualquiera otra Dependencia oficial o particular, nacional o extranjera.
- d).- Que a juicio de la Secretaría, carezca de la experiencia o equipo necesario para la ejecución satisfactoria del trabajo.
- e).- Que no demuestre a plena satisfacción de la Secretaría poseer los recursos económicos necesarios para iniciar, proseguir y terminar los trabajos, de acuerdo con el programa de trabajo propuesto.

IV.15.- DECISION SOBRE EL CONCURSO.-

Para la adjudicación del Pedido se tomarán en cuenta, además de los precios propuestos, la capacidad real y efectiva del Postor para ejecutar y concluir el trabajo.

La Secretaría juzgará dicha capacidad por la información que suministre el Postor, de acuerdo con las cláusulas IV.3 y IV.8, reservándose el derecho de comprobar, por los medios que estime conveniente, la veracidad de dicha información. La decisión que comuniquen la Secretaría será definitiva.

IV.16.-ADJUDICACION DEL PEDIDO.-

La adjudicación del Pedido o la no aceptación de las proposiciones se harán dentro de los 30 (treinta) días siguientes a la fecha de la apertura de las proposiciones. La adjudicación se comunicará por escrito al Postor agraciado, al domicilio social dado en su proposición y la fecha del oficio de adjudicación servirá de base para contar los plazos de entrega de los cálculos, equipo y de los planos correspondientes.

IV.17.-DEVOLUCION DE LAS GARANTIAS A LOS NO AGRACIADOS.-

Tan pronto como la Secretaría dé su decisión sobre el resultado del Concurso, y que el Postor agraciado haya fincado la fianza para garantizar el cumplimiento del contrato, se devolverá a los Postores no agraciados la garantía que presentaron con su proposición, de acuerdo con la cláusula IV.2. El plazo de devolución de las garantías para el concurso no excederá en ningún caso de dos meses.

IV.18.- FIRMA DEL PEDIDO.-

La elaboración del Pedido se hará en cuanto se terminen los trámites acostumbrados y en él se hará constar que el oficio de adjudicación que se le envió al Postor agraciado, servirá de base para contar los plazos de entrega.

IV.19.- DEVOLUCION DE GARANTIA AL POSTOR AGRACIADO.-

Al Postor agraciado se le devolverá la garantía de la proposición (Cláusula IV.2) una vez que presente la fianza o fianzas a que se refiere la cláusula V.3 para garantizar la entrega del equipo.

IV.20.- NO FORMALIZACION DEL PEDIDO.-

En caso de que el Postor agraciado no formalice el Pedido o no presente la fianza o fianzas dentro de los plazos señalados, oportunamente, éste se considerará como nulo y la garantía de la proposición se aplicará en beneficio de la Secretaría, como indemnización por los perjuicios ocasionados. La Secretaría quedará en libertad de adjudicar el Pedido al siguiente Postor cuyas condiciones le resulten convenientes.

tes o en su caso convocar a un nuevo concurso.

IV.21.- El Postor deberá presentar junto con su cotización sus condiciones y gastos para que un perito montador de la Fábrica, auxilie a la - Secretaría en el montaje de las válvulas, cuando se le dé aviso de que este trabajo pueda hacerse.

.../...

CAPITULO V

REQUISITOS GENERALES DEL CONTRATO

V.1.- PLAZOS DE ENTREGA.-

El plazo de entrega de todo el equipo, motivo de este Pedido será de 6 (seis) meses, contados a partir de la fecha del Oficio de adjudicación del Pedido, hasta la presentación de los documentos del último embarque.

El aviso de adjudicación podrá ser dado sin perjuicio de que el Pedido, debidamente legalizado, sea entregado con posterioridad a dicha fecha, tan pronto como se termine la tramitación usual de este documento.

V.2.-GARANTIA DE CALIDAD.-

Para garantizar la buena calidad del suministro de los materiales y funcionamiento del equipo, se establece lo siguiente:

El equipo suministrado quedará garantizado por el Fabricante por un período de 12 (doce) meses, contados a partir de la fecha en que se terminen las pruebas del propio equipo ya instalado y si por causas no imputables al Fabricante se pospone la iniciación del período de garantía, éste expirará cumplidos 18 (dieciocho) meses después de la fecha en que el Fabricante notifique a la Secretaría que la última remesa está lista en la Fábrica para su embarque. Queda entendido sin embargo, que el período de garantía podrá quedar vigente, si antes de cumplidos los 18 (dieciocho) meses citados así lo acuerdan el Fabricante y la Secretaría.

Si el equipo en conjunto o cualquier pieza del mismo, no cumple las Especificaciones, la Secretaría tendrá el derecho de rechazar parcial o totalmente el equipo y el Fabricante tendrá la obligación de reponerlo en el sitio de la instalación y en el plazo más corto posible, sin costo alguno para la Secretaría. Si el Fabricante rehusara o estuviera imposibilitado para verificar el cambio en un plazo razonable, la Secretaría podrá adquirir de otros proveedores dicha pieza o conjunto, realizar o contratar su montaje y verificar las pruebas que sean necesarias para su aceptación. Todos los gastos de adquisición, transporte, pruebas e instalación que se requiera se cargarán al Fabricante.

Si durante el plazo de garantía se presentan defectos en el funcionamiento del equipo o se producen fallas por el mal diseño, materiales o mano de obra defectuosa, el Fabricante deberá reparar o reponer

a satisfacción de la Secretaría, la parte o partes que sean necesarias para restablecer el funcionamiento correcto de las válvulas; si el fabricante rehusara o estuviese imposibilitado para cumplir con lo anterior, la Secretaría podrá adquirir de otros proveedores las piezas necesarias o en su caso contratar los trabajos de modificación que se requiera, el costo de las piezas o de las modificaciones, las pruebas que haya que realizar y los gastos de transporte y montaje se cargarán al fabricante. Con el fin de no causar perjuicios a los usuarios del servicio ó a la propia Secretaría, ésta se reserva el derecho de seguir usando aquellas partes del equipo que acusen defectos hasta el momento que sea oportuno reemplazarlas.

V.3.- FIANZAS.-

El Postor, a quien se adjudique el Pedido, garantizará el cumplimiento de todas y cada una de las obligaciones que se deriven del mismo, por medio de una fianza que hará otorgar a favor de la Secretaría de Recursos Hidráulicos y a satisfacción de ésta por una institución de fianzas mexicana legalmente autorizada, por valor del 10% (diez por ciento) del valor del importe total del equipo LAB, en el lugar del destino. Fianza que deberá estar en poder de la Secretaría antes de 20 (vinte) días contados a partir de la fecha del Oficio de adjudicación. Esta fianza expirará en la fecha en que se haga la última entrega de acuerdo con el calendario a que se refiere el párrafo IV.6 o con las prórrogas autorizadas por la Secretaría.

Cumplida en tiempo la entrega de la orden y antes de efectuar el embarque de la última partida, el Fabricante deberá otorgar otra fianza a favor de la Secretaría de Recursos Hidráulicos, a satisfacción de ésta y por una compañía afianzadora mexicana que garantizará con otra cantidad igual al 10% (diez por ciento) del importe total del equipo LAB en el lugar de destino, las penas que se apliquen por mal funcionamiento y las que resulten de acuerdo con los perjuicios causados a la Secretaría por cualquier parte que acuse defectos de calidad, materiales, mano de obra o que no satisfaga las Especificaciones o los planos aprobados por la Secretaría.

Esta última pena podrá llegar a tener un valor máximo igual al de la fianza citada anteriormente.

La fianza de calidad estará en vigor hasta que la Secretaría autorice su cancelación por escrito, devolviendo la póliza original, estando el fabricante obligado a pagar los gastos motivados por la misma, únicamente durante el periodo de garantía del equipo, con un límite máximo de 18 (dieciocho) meses después de la fecha en que se notifique a la Secretaría que la última remesa ha sido embarcada.

V.4.- FABRICACION E INSPECCION.-

La fabricación de las válvulas y sus accesorios, será hecha de acuerdo con las Especificaciones a que se refieren los Capítulos VII al XI inclusive, con los dibujos o proposiciones hechos por el Fabricante que hayan sido aprobados por la Secretaría y con las indicaciones proporcionadas por las mismas.

Todo el trabajo deberá desarrollarse y terminarse de acuerdo con la mejor práctica moderna en la fabricación de válvulas y en la manufactura de sus diversas partes y accesorios, a pesar de las omisiones que pudiera haber en las Especificaciones o en los planos.

Las dimensiones y demás características mostradas en esos planos o en las modificaciones aprobadas por la Secretaría, deberán ser respetadas exactamente y el trabajo será en todos los casos de alta calidad y de ejecución satisfactoria a juicio de la Secretaría o de sus Inspectores, quienes actuarán conforme a lo establecido en el Capítulo X. El equipo detallado cuya fabricación se contrata, incluyendo los materiales con que será fabricado, estarán sujetos a inspección en los talleres del fabricante, en cualquier tiempo durante la construcción o al terminarse ésta.

Para comprobar que se cumple con todas las Especificaciones relativas, la Secretaría podrá nombrar a sus propios Inspectores y el Fabricante se obliga a admitirlos en sus instalaciones de modo que actúen libremente para cumplir de la mejor manera con su cometido.

En el caso de que el Fabricante necesite adquirir materiales para la manufactura del equipo o alguna de sus partes, deberá suministrar a la Secretaría 3 copias de cada uno de los Pedidos, para que si aquella lo juzga necesario, envíe a un Inspector al lugar de la adquisición para revisar dichos materiales.

Todos los pedidos que el Fabricante haga para surtirle de materiales, deberán incluir los requisitos correspondientes o derivados de las Especificaciones del Pedido.

V.5. - RECEPCION DEL EQUIPO.-

Las válvulas y sus accesorios sólo podrán ser recibidas por los Inspectores de la Secretaría, hasta que hayan sido totalmente construidas, probadas, pintadas y preparadas para su embarque, previa su conformidad que hayan dado durante los procesos de fabricación y prueba. Además las entregas que haga el Fabricante a la Secretaría se ajustarán al Calendario de fabricación y entrega a que se refiere el párrafo IV.6.

Ninguna parte del equipo deberá ser embarcada hasta que todas las pruebas, análisis e inspección final correspondientes a esa parte, hayan sido hechas o se hayan aceptado copias certificadas de informes que indiquen los resultados de las pruebas y análisis o garantías del Fabricante.

V.6.- PRORROGA DE LOS PLAZOS DE ENTREGA.-

Solamente por causas de fuerza mayor, certificadas por el Inspector y a satisfacción de la Secretaría, ésta autorizará que se prorroguen los plazos de entrega previstos en el Calendario de fabricación y entregas aprobado, que se presentó en el Concurso, sin que se apliquen al Fabricante las sanciones correspondientes.

Se considerarán como causas de fuerza mayor las siguientes:

- a).- Demoras en la manufactura o entrega de los equipos a consecuencia de cualquier causa fuera del control del Fabricante para cumplir con órdenes, reglamentos u otras disposiciones del gobierno de su país, relacionadas con prioridades, órdenes o pedidos de preferencia, licencias para fabricar, exportar o financiar.
- b).- Demoras debidas a incendio u otro siniestro, guerra, paros, insurrecciones, tumultos, intervención de las autoridades civiles o militares.
- c).- Demoras debidas a la escasez de transporte o a la dificultad de conseguir mano de obra .

d).- Demoras causadas por escasez o por dificultad para conseguir los materiales, accesorios y dispositivos tanto para el fabricante como para los subcontratistas.

En caso de demoras en el avance de los trabajos, en relación con los plazos estipulados en el Calendario por el Fabricante, el único autorizado por la Secretaría para decidir sobre dichas demoras será el Inspector. Para la aceptación o no de las demoras, se seguirá el mismo procedimiento que se indica en el párrafo V.8 para las suspensiones.

V.7.- SANCIONES POR INCUMPLIMIENTO DEL CALENDARIO DE FABRICACION Y ENTREGA.-

Quando sean imputables al Fabricante los atrasos en el cumplimiento de los plazos fijados en el Calendario que presentó al concursar, se le aplicarán las sanciones siguientes:

- a).- Planos.- El Fabricante pagará una multa a la Secretaría de dos (2) al millar del precio LAB en el lugar de la entrega del equipo completo, por cada semana de atraso en el suministro de los planos y cálculos a que se refiere la Cláusula VI.3.
- b).- EQUIPO.- El Fabricante pagará una multa a la Secretaría del 2 al millar, del precio LAB en el lugar de la entrega del equipo completo, por cada semana de atraso en la entrega de cualquiera de las partes de dicho equipo, a partir de las fechas que haya señalado en su Calendario al concursar. El límite máximo de las multas antes citadas, será en total el 10% (diez por ciento) del valor del equipo en el lugar de su entrega.

V.8.- SUSPENSIONES.-

La suspensión por parte del Fabricante de cualquiera de los trabajos que tenga encomendados, que se deban a causa de fuerza mayor, si es previsible, deberá ser comunicada a la Secretaría con la mayor anticipación posible y justificada con el informe correspondiente del

Inspector, a efecto de que las partes contratantes establezcan, de común acuerdo, las modificaciones a los Calendarios o las modalidades que deban regir en lo sucesivo, para reducir al mínimo los perjuicios que de esa suspensión puedan derivarse para ambas partes.- En caso de suspensión por causas de fuerza mayor no previsible, el aviso del Fabricante debe enviarse inmediatamente después de la suspensión y siempre antes de 3 (tres) días por la vía más rápida a la Secretaría para que ésta tome las determinaciones que el caso amerite.

Una copia del aviso de suspensión, en cualquiera de los casos, se pasará al Inspector para que compruebe e informe si hay causas suficientes para las suspensiones y si la causa afecta o no a todo o parte del trabajo, lo que informará a la Secretaría a efecto de que conforme su criterio, para exigir en su caso, la responsabilidad correspondiente. Al terminar la causa de la suspensión, el Inspector sugerirá la ampliación del plazo que resulte necesario.

La Secretaría por su parte, podrá ordenar al Fabricante la suspensión temporal o definitiva de la construcción de las válvulas y sus accesorios por cualquiera de las siguientes causas:

- a).- Porque ocurran graves perturbaciones del orden público en el país o en el extranjero que afecten la construcción de dichas obras.
- b).- Por cualquiera otra causa grave que impida o dificulte la continuación de los trabajos, a juicio de la Secretaría.

Quando la suspensión deba ser temporal, la Secretaría comunicará al Contratista la duración de dicha suspensión con la mayor anticipación posible a fin de evitarse perjuicios, que de existir serán cuantificados y valuados de común acuerdo, así como establecida la forma de pago correspondiente.

En el caso de que la suspensión sea total y definitiva, será rescindido el Pedido y la Secretaría pagará al Fabricante, a los precios fijados en el Catálogo, la parte proporcional de las cantidades de trabajo que hubiere ejecutado, de acuerdo con las Especificaciones y planos hasta la fecha de la suspensión, pasando a ser propiedad de la Secretaría los equipos o artículos que correspondan a estos pagos.

V.9.- CADUCIDAD Y RESCISIÓN DEL PEDIDO.-

Además de las causas previstas en la Cláusula anterior y el mutuo acuerdo de ambas partes, serán motivos para declarar la caducidad o rescisión del Pedido lo siguiente:

- a).- Si el Fabricante no presenta dentro de los 20 (veinte) días siguientes a la fecha de adjudicación, la fianza a que se refiere la cláusula V.3 o si no llenan éstas los requisitos exigidos.
- b).- Si el Fabricante traspasa el Pedido a otra persona o empresa sin el consentimiento por escrito de la Secretaría.
- c).- Si el Fabricante suspende injustificadamente la fabricación del equipo o si no la ejecuta de acuerdo con las Especificaciones.

Quando la rescisión del Pedido se deba a causas no imputables al Fabricante, la Secretaría se lo comunicará por escrito con la mayor anticipación posible. La rescisión del Pedido se llevará a cabo por la vía administrativa y la Secretaría pagará al Fabricante lo que corresponda de acuerdo con lo establecido en la cláusula V.8. Cuando las causas que motivan la caducidad o rescisión del Pedido sean imputables al Fabricante, dicha caducidad o rescisión se llevará a efecto también por la vía administrativa de acuerdo con el procedimiento siguiente:

- a).- La Secretaría notificará por escrito al Fabricante la violación, falta o defecto en que esté incurriendo, dando las instrucciones del caso y concediéndole un plazo de 10 (diez) días para que proceda a subsanarlos o demostrar que no le son imputables.
- b).- Si transcurrido el plazo indicado, el Fabricante no ha procedido de acuerdo con las órdenes giradas o demostrado que no ha incurrido en la violación, falta o defecto, la Secretaría tendrá amplias facultades para declarar la caducidad o rescisión del Pedido, sin que por esto se entienda que ha incurrido en violación alguna del mismo y podrá hacer efectiva la primera de las fianzas a que se refiere la Cláusula V.8.

No es excusa para el Fabricante, la falta de cumplimiento de los Subcontratistas cuando éstos suspendan o demoren injustificadamente los trabajos que afecten al Pedido.

El hecho de que se rescinda el Pedido no debe entenderse como renuncia del derecho que le corresponde a la Secretaría de Recursos Hidráulicos para reclamar del Fabricante el importe de los daños y perjuicios que le haya ocasionado.

V.10.-Si el Fabricante considera que cualquier trabajo está fuera de los requisitos de concurso o considera indebido cualquier fallo de la Secretaría, de sus inspectores o Representantes, deberán inmediatamente pedir por escrito a la Secretaría sus instrucciones o decisión, de tal manera que pueda proseguir sin demora a la ejecución del trabajo. Deberá, dentro de los 10 días después de haber recibido las instrucciones escritas, poner su protesta por escrito, en caso de que la haya, estableciendo claramente y en detalle las bases de su objección. Para dichas protestas u objeciones que deberán ser hechas en la forma indicada, los rechazos, fallos, instrucciones o decisiones de la Secretaría serán definitivos.

Las instrucciones o decisiones de la Secretaría contenidas en cartas con las que se entreguen dibujos al Fabricante, deberán considerarse como instrucciones o decisiones para el objeto de esta cláusula.

V.11.-MODIFICACIONES A EQUIPOS RECIBIDOS.-

Cuando sea necesario hacer correcciones en el sitio de instalación a las válvulas o a sus accesorios, debido a que no se fabricaron de conformidad con los requisitos del Pedido o por otras causas imputables al Fabricante y si la limitación del tiempo así lo requiere, la Secretaría hará las correcciones necesarias, después de dar aviso al Fabricante y le cargará a su cuenta el importe de tales correcciones.

V.12.-PATENTES Y REGISTROS.-

El Fabricante deberá evitar que tanto la Secretaría como los Directores, agentes, empleados, trabajadores o representantes de ésta, queden mezclados o incurran en responsabilidades de cualquier clase, relacionadas con patentes y registros.

Cualquier gasto que tenga por origen el empleo o manufactura de alguna composición registrada, proceso secreto, invento patentado o sin patentar, o cualquier artículo o útil relacionado con el Pedido, será por cuenta del Fabricante.

CAPITULO VI
REQUISITOS ESPECIALES

VI.1.- ACLARACIONES SOBRE DATOS Y DIBUJOS.-

En las cláusulas III.2 a III.4 se informa sobre las principales características de las válvulas que debe suministrar el Contratista y sobre las Especificaciones y Dibujos a que debe sujetarse la fabricación. El Fabricante debe aclarar cualquier duda que tenga en relación con esos datos, antes de proceder a fabricar las válvulas. En los dibujos que remita para ser aprobados por la Secretaría, como se indica en la cláusula VI.3, deberá anotar las aclaraciones que requiere o las alternativas que proponga.

VI.2.- TRABAJOS O MATERIALES EXTRA.-

El Fabricante deberá, cuando se le ordene por escrito, desarrollar cualquier trabajo extra o incluir el material extra no cubierto por estas Especificaciones, pero formando parte del trabajo contratado; el trabajo y material extra, será pagado por una cantidad global o precio unitario en que estén de acuerdo el Fabricante y la Secretaría.

VI.3.- DATOS QUE PROPORCIONARA EL FABRICANTE.-

Antes de iniciar la manufactura del equipo, el Fabricante deberá suministrar a la Secretaría o a sus Representantes, para su aprobación, dentro de los plazos fijados en el Catálogo, y según se vayan terminando 3 juegos de copias de los cálculos y planos mecánicos de conjunto y de detalle, así como eléctricos, para demostrar ampliamente que el equipo será suministrado conforme a los requisitos e intenciones de estas Especificaciones. El Fabricante deberá entregar el último plano para su aprobación dentro del plazo fijado en el Catálogo. Además el Fabricante deberá suministrar duplicados de los planos originales siempre que sean solicitados por la Secretaría o sus Representantes. El Fabricante deberá enviar a la Secretaría o a sus Representantes, las copias de los planos mencionados antes, por correo aéreo o por el medio más rápido, comprometiéndose ésta a devolver una copia de cada uno, dentro de los 10 (diez) días contados a partir de la fecha en que sean recibidos en sus Oficinas, ya sean aprobados o con las notas y modificaciones que se crea convenientes.

De estas cinco copias una vez aprobadas, se devolverá una al Fabricante y dos se remitirán a los Inspectores. Cualquier trabajo de manufactura hecho antes de la aprobación de los planos será exclusivamente a riesgo del Fabricante.

La Secretaría podrá exigir al Fabricante, sin costo adicional para ella, todos los cambios o modificaciones necesarios para hacer que los planos estén de acuerdo con los requisitos e intenciones de las Especificaciones contenidas en los Capítulos VII a XI. La aprobación de los planos del Fabricante por la Secretaría no lo releva de la responsabilidad de cumplir con todos y cada uno de los requisitos de las Especificaciones, ni de la responsabilidad por errores en sus planos en que pudiera incurrir. Los planos deberán tener notas relativas a todos los cambios y revisiones, marcando la fecha de cada revisión y el nombre de quien la autorizó.

El Fabricante suministrará, 5 (cinco) juegos de Instructivos y Folletos para la operación y mantenimiento del equipo, así como una relación de las refacciones que a su juicio sean necesarias para mantener en servicio tanto las válvulas como sus accesorios.

VI.4.- CALENDARIO DE FABRICACION Y ENTREGA.-

Para la fabricación de las válvulas y su equipo, así como para los plazos de entrega, regirá el Calendario propuesto por el Fabricante en el Concurso, al que se refiere el párrafo IV.6.

VI.5. - FACILIDADES PARA LA INSPECCION.-

El Fabricante se obliga a admitir, en sus instalaciones, a los Inspectores de la Secretaría debidamente autorizados, para efectos de inspección en la fabricación y pruebas del equipo, motivo del Pedido y a darle las facilidades necesarias para llevar a cabo su cometido.

VI.6.-REQUISITOS DE EMBALQUE Y TRANSPORTE.-

Todas las piezas deberán estar marcadas con claridad, de acuerdo con el dibujo de erección que propondrá el Fabricante, para facilitar su identificación y posición correcta, respecto a las piezas inmediatas.

Hasta donde lo permitan las dimensiones de las plataformas y los gálibos del Ferrocarril, las válvulas deberán embarcarse con sus principales piezas armadas de taller, y para facilitar el montaje.

Las piezas que puedan perderse o dañarse deberán embarcarse en cajas de madera, de suficiente resistencia, para evitar que se rompan en el trayecto. Las cajas deberán fijarse por medio de pernos o clavos a la plataforma del ferrocarril o camión, debiendo éstas cerrarse y marcarse para su identificación.

Todas las piezas del equipo deberán salir de la fábrica suficientemente protegidas para evitar deformaciones o daños durante su transporte hasta el sitio de su instalación definitiva. El Fabricante será responsable por el sistema de protección cuyo costo deberá estar incluido en el precio total del suministro.

El Fabricante deberá dar cualquier protección adicional que a juicio del Inspector sea necesario.

Cualquier desarreglo del equipo que se origine por falta de precaución en el embarque, deberá ser reparado por cuenta del Fabricante.

Cada una de las cajas o bultos de embarque, deberá incluir una lista de empaque en español o en inglés, que contenga una relación de todos los artículos empacados en ella. De esta lista se deberá entregar una copia a los Inspectores y 4 (cuatro) copias se deberán enviar a la Secretaría de Recursos Hidráulicos, Dirección de Proyectos en México, D.F.

Además se acompañará a la lista de empaque una lista de bultos con sus marcas de identificación y con las fechas de embarque parcial o total.

VI.7.- INFORMES Y DOCUMENTOS DE EMBARQUE.-

Cuando menos, con un mes de anticipación a la iniciación de los embarques, el Fabricante deberá informarse con la Secretaría sobre la forma en que se harán, tanto respecto a las Compañías Navieras o Ferrocarrileras encargadas de hacerlo como respecto a la documentación que debe obtener el Fabricante y a los trámites correspondientes que deba hacer en relación con los seguros de transporte.

Por su parte, la Secretaría estudiará y resolverá con la mayor rapidez posible, estos aspectos, a fin de que no sufran los embarques.

VI.8.- FORMA DE PAGO.-

El Fabricante deberá comprometerse a iniciar la fabricación de

las válvulas, a más tardar 10 (diez) días después de la fecha de adjudicación del Pedido, en la inteligencia de que la Secretaría no hará ningún pago adelantado.

El pago total como compensación por la fabricación, armado, - pruebas, pintura, embarque y seguro de todo el equipo en la forma especificada, se hará contra la presentación de los siguientes documentos:

- 1.- Factura comercial en original y 10 (diez) copias.
- 2.- Certificado de Inspección y Recepción del Equipo.
- 3.- Lista de empaque indicando el contenido de cada bulto o caja.
- 4.- Conocimiento original consignado a la Secretaría de Recursos Hidráulicos en Querétaro, Qro., debiendo enviarse también copia de este conocimiento a la Dirección de Proyectos de la propia Secretaría en México, D.F.
- 5.- Fianza para garantizar el buen funcionamiento del equipo - durante 18 meses de acuerdo con el párrafo V.3 de este Cuaderno de Especificaciones.

VI.9.- ESTIMACION Y DOCUMENTOS PARA HACER PAGOS PARCIALES.-

En caso de que llegare a establecer el Pedido, o un acuerdo posterior entre la Secretaría y el Fabricante, que sean de admitirse remesas parciales del equipo, las estimaciones que deban hacerse para efectuar los pagos correspondientes, se harán en forma proporcional al peso neto de las remesas que haya recibido la Secretaría y siempre y cuando esas remesas se hagan por juegos completos de piezas, sin que sea necesario hacer cuantificaciones parciales de los materiales, del trabajo o de otros conceptos que haya requerido la construcción, las pruebas, la pintura, el empaque y otros aspectos del suministro que hará el Fabricante, incluyendo, si así es el caso, los transportes hasta la Presa - "SAN ILDEFONSO", Qro., Por consiguiente la enumeración de los documentos que se requieren del Fabricante para hacer esos pagos, también dependerán de la forma de pago adoptado y demás condiciones que al respecto se establezcan al firmarse el Pedido.

Entre los documentos para cobro deberán figurar los certificados de inspección y la conformidad, por parte del Inspector de la Secretaría de que los equipos cuyo pago se tramita, llenaron todos los requisitos estipulados en las Especificaciones.

CAPITULO VII

ESPECIFICACIONES DE DISEÑO

VII.1.1/ VALVULA DE MARIPOSA DE EMERGENCIA.- Pieza No. 4

Esta válvula deberá ser diseñada para las características siguientes:

Diámetro interior-- - - - -	121.92 cm.
Carga estática máxima - - - - -	58.06 m.
Carga estática mínima - - - - -	14.94 m.
Gasto máximo con la carga mínima-	6 m ³ /seg.
Presión de diseño.(Correspondien-	
te a un incremento de 20% sobre -	
la carga estática máxima) - - - -	6.97 Kg/cm ²
Elevación máxima del agua - - - -	22.40.12 m.
Elevación del eje longitudinal- -	
de la válvula. - - - - -	2182.06 m.

La válvula deberá ser capaz de cerrar totalmente contra una presión igual a la carga estática máxima en su cara aguas arriba y sin presión aguas abajo, sin producir sobreesfuerzos en el material ni cierre brusco de la lenteja, ni tampoco vibraciones en la misma, tomando en cuenta el gasto que pueda pasar por la válvula totalmente abierta y con carga máxima.

VII.1.1.-LA CARCAZA.-

La carcaza será de placa de acero soldado, recocida, debidamente atiesada por medio de costillas para evitar deformaciones o esfuerzos fuera de los límites admisibles cuando la válvula esté bajo la presión de diseño.

Los asientos de la carcaza, de bronce o acero inoxidable serán fijos.

La carcaza deberá tener bridas en ambos extremos, para conectar con las bridas de las piezas adyacentes que también deberá suministrar el fabricante de la válvula. Cada brida de la carcaza llevará una ranura para empaquetadura de hule redondo. El fabricante suministrará el empaque y los pernos necesarios para la unión de las bridas.

Para el anclaje de las válvulas a la cimentación concreto, la carcasa deberá estar provista de zapatas. Estas zapatas deberán ser diseñadas para soportar el peso propio de la válvula, el de sus accesorios, el de los tramos de tubo y conos adyacentes, el peso del agua contenida en la carcasa misma y las piezas adyacentes, así como las fuerzas que resulten de la Operación de los mecanismos, pero no se diseñarán para transmitir a los apoyos de concreto la carga axial debida a la presión del agua sobre la lenteja, cuando ésta se encuentra en posición cerrada. Esta carga axial se transmitirá a través de las chumaceras de la lenteja y la carcasa al tramo de tubo adyacente aguas arriba, mismo que estará debidamente unido a la tubería de tapón.

VII.1.2.- LA LENTEJA.-

La lenteja será de placa de acero soldada, recocida y se fijará firmemente al eje por medio de cuñas; debiendo ajustar lo suficientemente bien a la carcasa para producir un cierre prácticamente hermético para la carga estática máxima de 7.00 Kg/cm^2 .

Los asientos de la lenteja, de bronce o acero inoxidable como los de la carcasa serán ajustables.

Los ajustes de sello de la lenteja, para lograr este cierre, deberán hacerse desde su cara aguas abajo.

El eje de rotación de la lenteja será horizontal y se fabricará con acero forjado.

VII.1.3.- TUBO DE RODEO (By-Pass)

La válvula de mariposa deberá ser capaz de abrir libremente sólo cuando las presiones estén igualadas en ambos lados de la lenteja y en la forma que se indica adelante.

Para el objeto anterior, la válvula deberá estar provista de un tubo de rodeo (By-Pass) de 15.24 cm. ϕ , que conectará al tramo de tubo aguas arriba con el tramo de tubo aguas abajo de la válvula.

Este tubo de rodeo tendrá dos válvulas de compuerta, una para emergencia situada aguas arriba con operación manual y la otra de servicio con operación eléctrica y manual. La válvula de emergencia siempre estará abierta mientras que la de servicio se operará para llenar la tubería e igualar las presiones en las dos caras de la lenteja de la válvula de mariposa.

VII.1.4 - MECANISMOS DE OPERACION Y CONTROLES -

La válvula de mariposa para emergencia deberá operarse eléctrica y manualmente. El mecanismo de operación de la válvula será -- accionado con motor eléctrico encapsulado, de corriente alterna de - 440 volts, 3 fases, 60 c.p.s., de capacidad adecuada, 15% excedida y características adecuadas para el trabajo a que va a estar sometido.

El mecanismo de operación eléctrico de la válvula de mariposa deberá accionarse por medio de dos estaciones de botones, una de ellas deberá tener dos botones marcados "abrir" y "cerrar" con luces indicadoras que se instalarán en un tablero que se indica adelante y que estará localizado en la Caseta de operación de la válvula de mariposa. La otra estación de botones tendrá un solo botón para cerrar la válvula y se instalará en la caseta de operación de las válvulas de servicio, con luces indicadoras para las posiciones totalmente - abierta y totalmente cerrada.

Para llenar la tubería, se tendrá una estación de botones con dos botones marcados "abrir" y "cerrar" con luces indicadoras y que accionarán al motor del mecanismo de operación de la válvula de servicio del tubo de rodeo. El botón de "abrir" accionará el mecanismo para abrir la válvula de By-Pass que llenará la tubería. El motor - de la válvula se detendrá por medio de un interruptor de límite cuando la válvula esté totalmente abierta. Cuando se haya llenado la tubería se cerrará la válvula apretando el botón ^{de} cerrado. El motor se parará cuando actúe el interruptor de límite de cierre.

Terminada la operación del llenado de la tubería se accionará el mecanismo de la válvula de mariposa por medio del botón "abrir" y para evitar que la válvula de mariposa pueda abrirse antes de que estén prácticamente igualadas las presiones en ambos lados de la lenteja, - se tendrá un interruptor diferencial de presión que estará conectado hidráulicamente a ambos lados de la lenteja. Al igualarse las presiones, el interruptor de presión cerrará el circuito del motor, por lo que al apretar el botón de "abrir" se accionará el motor eléctrico - para abrir la válvula, el cual será parado por un interruptor de límite cuando se alcance la posición de totalmente abierta.

Para cerrar la válvula de mariposa se apretará el botón de "cerrar" de su estación de botones, ya sea de la estación local o de la estación de control remoto, el cual accionará directamente al motor - cuando se alcance un valor determinado de apriete entre los asientos de la lenteja y la carcasa.

El Fabricante deberá suministrar con el mecanismo de operación los interruptores de límite que desconectan el motor cuando la lenteja alcance su posición de totalmente abierta o totalmente cerrada, - tanto de la válvula de mariposa como de la válvula de tubo de rodeo. El interruptor de límite para la posición de totalmente cerrada debe ser del tipo que desconecte el motor cuando se alcance un valor determinado de apriete del asiento de la lenteja contra el asiento de la carcasa. También deberá incluir un dispositivo mecánico que desconecte eléctricamente el motor cuando se encuentre conectado mecánicamente el volante de operación manual.

En el equipo de control se incluirá un indicador de posición de la válvula de emergencia del tipo Salsyn o semejante con el objeto de conocer la posición de la lenteja desde la caseta de operación de las válvulas de servicio. Otro indicador de posición mecánica será instalado en el mecanismo de operación de la válvula.

La estación de botones se instalará en un tablero a prueba de humedad que suministrará el Fabricante, en donde deberán instalarse los arrancadores de los motores, tanto de la válvula del tubo de rodeo, como de la válvula de mariposa de emergencia, así como los dispositivos de protección.

VII.2.- PIEZAS ADYACENTES A LAS VALVULAS.-

Un tramo de tubo aguas arriba de la válvula y un tramo de tubo aguas abajo de la misma estarán colocados como se indica en el plano No. 1902-C-827 piezas Nos: 3 y 5.

Las dos piezas tendrán una longitud tal, que ambas sumadas a la de la válvula, dé un total de 4.48 m.

Los tubos aguas arriba y aguas abajo de la válvula, deberán tener un diámetro interior de 1066.8 mm. Se construirán con placa de acero de 7.9 mm. de espesor, totalmente soldadas. La extremidad aguas arriba del tramo 3 y la extremidad aguas abajo del tramo 5 deberán --

prepararse para soldadura a tope en el campo procurando que en la semicircunferencia superior el bisel mayor vaya por fuera, mientras en la circunferencia superior el bisel mayor esté adentro.

Las extremidades que conectan con la válvula de mariposa llevarán una brida de diseño semejante y de las dimensiones necesarias para conectar con aquella.

En el tramo de tubo aguas arriba se tendrá una salida para el tubo de rodeo (By-Pass) de 15.24 cm. 6". En el tramo aguas abajo llevará una salida para el tubo de rodeo (By-Pass) de 15.24 cm. 6" y dos salidas para dren de 10.16 cm. (4") ϕ .

VALVULAS DE AIRE.- Deberán suministrarse dos válvulas de aire de 25 cm. ϕ ., las que servirán para permitir la entrada de aire al interior de la tubería cuando ésta se esté vaciando, a fin de evitar presiones negativas y peligro de aplastamiento de la tubería. Asimismo, estas válvulas permitirán la salida del aire del interior de la tubería cuando ésta se esté llenando, pero no permitirán la salida del agua cuando la tubería se haya llenado. El Fabricante puede proponer otra dimensión de válvulas de aire, justificando sus dimensiones con los cálculos correspondientes, así como el diámetro del tubo de rodeo (By-Pass).

VII.3.- VALVULAS DE DESCARGA LIBRE PARA SERVICIO.-

La válvula para servicio será del tipo de chorro divergente con descarga libre.

La válvula de servicio deberá satisfacer las siguientes características:

La descarga para la carga neta mínima de -
15.27 m. medida al centro de la brida de -
entrada, cuando la válvula esté totalmente
abierta, deberá ser de:

6 m³/seg.

La carga estática máxima es de:

58.39 m.

La elevación del eje horizontal de la válvula es de:

2181.731 m

La presión de diseño:

7.00 Kg/cm²

La presión de prueba es de:

10.38 Kg/cm²

Las válvulas y sus mecanismos de operación deberán ser capaces de operar en cualquier abertura y bajo cualquier carga hasta la máxima especificada.

VII.3.1.- VALVULAS DE SERVICIO DE CHORRO DIVERGENTE.-

La válvula se instalará con su eje en posición horizontal.- El cuerpo de la válvula estará constituido por un cilindro hecho con placa de acero soldada, con brida en el extremo de aguas arriba, para conectarse a un trazo recto de tubería que también suministrará el Fabricante.

En el lado aguas abajo tendrá un cono invertido fijo a la parte cilíndrica por medio de costillas radiales que se prolongarán a toda la longitud de la válvula.

La parte exterior del cilindro se maquinará para recibir una camisa de acero inoxidable sobre la que deslizará el elemento cilíndrico de cierre, de acuerdo con el diseño particular del Fabricante aprobado por la Secretaría.

El elemento de cierre, estará constituido por un cilindro de placa de acero soldada, con correderas de bronce y asiento de cierre de acero inoxidable que deslizará sobre el cuerpo de la válvula para abrir o cerrar el espacio que queda entre la parte cilíndrica del cuerpo y el cono.

En la parte aguas arriba llevará un empaque con prensa-estopa para evitar la salida del agua; en la parte de aguas abajo tendrá un asiento de acero inoxidable que en posición cerrada apoyará contra el asiento de bronce del cono. Ambos asientos se maquinarán para obtener un cierre prácticamente hermético.

Mecanismo de operación.- El obturador de la válvula será movido por medio de dos tornillos horizontales, colocados diametralmente opuestos, de rosca trapezoidal, con tuercas de acero inoxidable; llevarán tubos protectores revestidos de cromo con tuercas de latón; los elementos aquí mencionados deberán localizarse en el exterior del cuerpo de la válvula. El mecanismo de operación estará instalado en la caseta de operación, cuyo piso se encuentra aproximadamente en la elevación 2183.54 y será de accionamiento eléctrico manual. El motor será para corriente alterna de 440 volts, 3 fases, 60 c.p.s., de capacidad y características adecuadas al trabajo a que está sometido, su aislamiento será a prueba de humedad, totalmente cerrado y con chumaceras embaladas.

El mecanismo de operación estará provisto de interruptores de límite que desconectarán el motor cuando el cilindro de cierre alcance su posición de totalmente abierto o totalmente cerrado. El interruptor de límite para la posición totalmente cerrado deberá ser del tipo que desconecte al motor cuando se alcance un determinado apriete del asiento. También incluirá un dispositivo mecánico que desconecte eléctricamente el motor cuando se encuentre conectado mecánicamente - el volante de operación manual.

La operación de la válvula se hará por medio de una estación de 3 botones marcados "parar", "abrir", "cerrar", de operación momentánea que suministrará el Fabricante, así como el arrancador y todos los dispositivos de control necesarios para la operación de la válvula, incluyendo un indicador de posición para indicación remota, tipo Selsyn o semejante, y otro dispositivo indicador de posición de tipo mecánico, colocado en el mismo mecanismo de operación. El Fabricante podrá proponer válvulas cuyos detalles de construcción difieran de las arriba mencionadas, pero que sean igualmente efectivas sin menoscabo de la seguridad y la economía.

VII.4.-TRONCO DE CONO.-

Además de la válvula de chorro divergente, el Fabricante suministrará un tronco de cono de 94.8 cm. de longitud, que se instalará aguas arriba de la válvula y tendrá su diámetro mayor de 121.92 cm. y el diámetro menor de acuerdo con el diámetro de la válvula proporcionada por el Fabricante, se construirá con placa de acero de 7.9 mm. de espesor, totalmente soldado. La extremidad aguas arriba se preparará para soldadura a tope en el campo y en el extremo aguas abajo llevará una brida de diseño y dimensiones apropiadas para conectar con la brida de la válvula de servicio.

VII.5.-SUMINISTRO TOTAL DEL EQUIPO.-

A menos que se diga específicamente lo contrario, el fabricante deberá suministrar todos los materiales, accesorios y partes que se mencionan en las Especificaciones, Informaciones y Dibujos, aún cuando no se muestren en los planos; y asimismo, suministrará todos los materiales, accesorios y partes mostradas en los planos, aún cuando no se mencionen en las informaciones o en las Especificaciones.

Suministrará todos los tornillos necesarios para las uniones de las válvulas con las piezas adyacentes, válvulas de aire, tubos de rodeo, drenes, etc. Suministrará igualmente los empaques de hule e incluirá dos empaques extras de cada tamaño, así como los electrodos necesarios para la soldadura de campo con un exceso del 10%.

.../...

CAPITULO VIII

ESPECIFICACIONES DE MATERIALES

VIII.1.- MATERIALES PARA LAS VALVULAS.-

El Fabricante propondrá, para aprobación de la Secretaría, los materiales con que serán fabricadas las válvulas y accesorios y que de acuerdo con la práctica moderna, sean los más adecuados y económicos para esta clase de equipo, sin sacrificar la buena calidad y seguridad de aquellos.

VIII.2.- MATERIALES PARA EL TRONCO DE CONO Y TRAMOS DE TUBO.-

Los materiales que deberán emplearse en los tramos de tubo, con sus bridas a que se refiere este Cuaderno de Condiciones, deberán cumplir con las Especificaciones mínimas siguientes:

- a).-Placas de Acero.-Especificaciones de ASTM-A-283-38 Grado C.
- b).-Materiales diversos.- Los pernos para uniones con bridas, los electrodos para las uniones soldadas en el campo, los empaques para las bridas, y, en general todos los materiales que se requieran para la fabricación, instalación y funcionamiento correcto de las válvulas, deberán ser de la mejor calidad y el Fabricante indicará a la Secretaría las Especificaciones que propone. Estos materiales solamente podrán emplearse mediante la aprobación de la Secretaría, debiendo indicar las Especificaciones relativas de acuerdo con las normas norteamericanas - ASTM o las alemanas DIN, pero no se aceptarán materiales con esfuerzos menores que los indicados en la tabla siguiente:

Material	Empleo	Límite elástico	Esfuerzo en la ruptura por tensión.
Acero:	Elementos ordinarios		37 a 47 K/mm ²
Acero de alta calidad:	Elementos de máquinas	27 K/mm ²	50 a 60 "
Acero:	Tornillería	20 " "	38 a 45 "
Acero:	Carcasa, tramos de tubería, troncos de cono.		37 a 45 "
Acero fundido:	Segmentos de rueda helicoidal.		38 "
Fundición de latón de bronce:	Manguitos de cojinetes		45 "
Acero inoxidable:	Canisa de deslizamiento	27 K/mm ² .	55 a 75 "

VIII.3.- GARANTIA DE LOS MATERIALES.

El Fabricante garantizará que todos los materiales estarán libres de defectos perjudiciales y reemplazará libre de costo para la Secretaría, cualquier material defectuoso que sea descubierto durante la fabricación o montaje de las válvulas y sus accesorios y pagará a la Secretaría el importe de toda corrección hecha en el campo debido a cualquier defecto del material de que sea responsable el Fabricante.

Todos los materiales empleados en la fabricación de las válvulas y sus accesorios que difieran de las Especificaciones suministradas y aprobadas inicialmente por la Secretaría, sólo podrán utilizarse mediante la nueva aprobación expresa de la Secretaría, ya que de otro modo serán rechazados como se indica en la Cláusula XI.1.

VIII.4.- NORMAS.- El Fabricante suministrará dos ejemplares de las normas bajo las cuales fueron seleccionados los materiales, esfuerzos de diseño, tratamientos térmicos, etc., en idioma español, o inglés.

.../...

CAPITULO IX

ESPECIFICACIONES GENERALES DE FABRICACION, PINTURA Y FINALES

IX.1.- GENERALIDADES SOBRE FABRICACION.-

IX.1.1.- Condiciones Generales.-

La fabricación de las válvulas y susu accesorios será hecha de acuerdo con los informes proporcionados por la Secretaría, con las - Especificaciones a que se refieren los Capítulos VII al XI inclusive y con los dibujos y proposiciones hechas por el Fabricante, que hayan sido aprobadas por la Secretaría.

IX.1.2.- Calidad de la Manufactura.-

Todo el trabajo deberá desarrollarse y terminarse de acuerdo con la mejor práctica moderna en la fabricación del equipo a que se refieren estas Especificaciones y en la manufactura de sus diversas partes y accesorios, a pesar de las omisiones que pudiera haber en las Especificaciones o en los Planos.

Las dimensiones mostradas en los planos deberán ser respetadas exactamente y el trabajo será en todos los casos de alta calidad y de ejecución satisfactoria a juicio de la Secretaría o de sus Representantes.

IX.1.3.- Acabado a Máquina.-

Cuando en los planos aprobados se especifiquen superficies acabadas a máquina y no se indique el tipo de acabado, éste deberá ser el más adecuado para la parte a la cual se aplica y podrá ser "liso", "medio" o "tosco" según se define a continuación.

* Cuando se especifica o se requiere acabado liso, el trabajo de máquina deberá ser ejecutado en tal forma, que produzca superficies pulidas prácticamente libres de marcas de herramientas.

Serán causa suficiente para rechazar esa parte de la manufactura, el hecho de que aparezcan marcas pronunciadas de herramientas y otros defectos semejantes. Cuando se especifica o se requiera superficies con acabado medio, el trabajo deberá ser ejecutado de manera que produzca una superficie lisa en la cual se permitirán marcas ligeras de herramienta.

Cuando se especifica o se requiera una superficie con acabado tosco, es suficiente un acabado a máquina que produzca una superficie uniforme — con las dimensiones indicadas.

! En general, se requiere una superficie lisa, para todas las superficies que están en contacto y deslicen entre sí, se requiere un acabado medio en superficies que están en contacto permanente cuando se quiera obtener una unión firme y los acabados toscos se requerirán en todas las demás superficies maquinadas.

IX.1.4.- Soldadura.

Las superficies que se van a soldar deberán estar libres de escamas, de óxidos, pintura u otras sustancias extrañas. Toda la soldadura deberá ser ejecutada por el método de arco eléctrico, por un proceso que excluya o aisle a la atmósfera del metal fundido; siempre que la soldadura por efectuar lo permita, se usarán máquinas automáticas.— Las soldaduras deberán hacerse según se indica en los planos aprobados por la Secretaría, cuyas indicaciones estarán de acuerdo con la interpretación de los símbolos convencionales para soldadura de la Sociedad Mexicana de Soldadura, o su equivalente en normas europeas.

Todas las soldaduras deberán tener una penetración completa y — ninguna clase de imperfecciones. Las costuras de las láminas de los tramos de tubo y cono adyacente hechas en el taller deberán ser del tipo — "juntas a tope doblemente soldadas". Deberá tenerse especial cuidado en alinear y separar las orillas de las placas que se vayan a soldar a tope de manera que haya una completa penetración y fusión en la parte del fondo de la costura. La raíz de la primera capa de soldadura deberá limpiarse con cincel o alguna otra herramienta especial hasta dejar libre el metal sano antes de depositar la soldadura en el lado opuesto de la costura. Después de haber terminado la soldadura deberán quitarse todas las salpicaduras de metal. El acabado de todas las juntas hechas con soldadura debe estar razonablemente libre de ranuras, cráteres, grietas, depresiones, sopladuras y otras irregularidades. Los cordones de soldadura en las superficies interiores del cono, no deberán sobresalir más de — 1.5 mm. (1/16") de la superficie del cono y en caso necesario, deberán — cincelarse y esmerilarse para que no excedan de esta altura. Los tramos defectuosos en la soldadura deberán limpiarse con cincel o herramienta especial hasta encontrar metal sano y las cavidades resultantes deberán llenarse en forma satisfactoria para el Inspector de la Secretaría.

Todas las soldaduras reparadas, deberán radiografiarse para probar la calidad de la reparación.

IX.2.- Fabricación de las Válvulas.-

Todas las piezas de fundición deberán tener las dimensiones de acuerdo con los planos aprobados y estarán libres de grietas, sopladuras, porosidad, puntos duros, contracción excesiva y otros defectos perjudiciales. No se permitirá que las piezas tengan porosidad en lugares que dañe su resistencia o provoque cavitación. Deberá removerse toda la arena antes de que las piezas fundidas sean maquinadas o pintadas.

Es esencial que todas las partes de las válvulas sean acabadas con precisión, de tal manera que se logre un ajuste perfecto entre las piezas que se van a armar para formar las válvulas.

IX.3.- Fabricación del Tronco de Cono y de los Tramos Rectos de Tubería.-

La fabricación de el tronco de cono y de los tramos de tubería estará de acuerdo con las Especificaciones de este Cuaderno, con los planos de taller preparados por el Fabricante y aprobados por la Secretaría y también de acuerdo con los incisos aplicables del Código "Unfired Pressure Vessel" Sección VIII (1959) editado por "The American Society of Mechanical Engineers" (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos.) Cuando haya variaciones entre las Especificaciones del Código y Las Especificaciones de la Secretaría o sus planos, deberán respetarse estas últimas.

Cada tramo de tubo o tronco de cono deberá formarse, de ser posible con una placa que tenga una longitud igual a la circunferencia del tubo o tronco de cono. Las juntas longitudinales estarán localizadas a 45° con respecto al eje vertical. Los bordes deberán ser preparados para su soldadura en el campo como se muestra en los planos - y deberán estar libres de escamas y superficies imperfectas, (cuando se suelden placas de diferentes espesores, la placa más pesada deberá biselarse de acuerdo con el Código. Las placas del tronco de cono y tramos de tubo deberán curvarse con una curvatura continua en las extremidades de las placas. No se permitirá ninguna corrección en la curvatura por medio de golpes.

La excentricidad o desajuste entre los anillos que forman cada tron de cono, no excederá de 1.5 mm (1/16"). Los extremos de cada cono deberán ser normales al eje longitudinal de la tubería dentro de una tolerancia de 1.5 mm. (1/16") en el radio.

Las extremidades de los troncos de cono que deberán ser soldadas en el campo, tendrán sus bordes biselados de tal manera que la semi-circunferencia superior llevará el cordón mayor hacia afuera y el cordón menor hacia adentro; en cambio en la semi-circunferencia inferior el cordón mayor irá hacia adentro y el menor hacia afuera; por lo tanto cada tronco de cono llevará una marca que indique cual es su parte superior de acuerdo con los discos de sus extremos.

El Fabricante deberá suministrar e instalar en los troncos de cono, el tubo de rodeo (by-pass) de la válvula de mariposa, y las válvulas de aire, así como los accesorios, incluyendo las conexiones respectivas. Suministrará también la tornillería, empaque, etc., así como los electrodos necesarios para ejecutar la soldadura de campo, con un exceso de 10%.

IX.4. - Motores Eléctricos.

Los motores eléctricos que proponga el Fabricante de diseño y construcción de acuerdo con las normas aplicables más recientes, de la American Standard Association (ASA) y National Electric Manufacturers Association (NEMA) de los EE. UU. o las equivalentes en el país de fabricación y para tensión de 440 volts, conexión Y/YY, y frecuencia de 60 ciclos por segundo.

IX.5. - Armado.

Una vez terminada la manufactura de las válvulas y de su equipo adicional y antes de aplicar la pintura deberán armarse completamente en el taller del Fabricante, la válvula de mariposa junto con sus mecanismos de operación, controles, indicadores, etc., con el objeto de comprobar que todas las partes ajustan con propiedad entre sí y que corresponden a las dimensiones aprobadas por la Secretaría, así como para llevar a cabo las pruebas de funcionamiento a que se refiere el Capítulo XI.

IX.6. - Pintura.

Después de que se hayan verificado todas las pruebas y de que éstas hayan sido aceptadas por los Inspectores, y antes de que el equipo sea embarcado, se procederá a pintar las válvulas, los tramos de tu

bería y el tronco de cono según se indica a continuación:

IX.6.1.-Válvula de Mariposa y de Servicio.-

- a).- Se limpiarán las superficies con cepillo de alambre o con chorro de arena, a fin de quitar todo el óxido, salpicaduras de metal, arena, grasa, etc.
- b).- En la parte exterior de las válvulas y sus accesorios, que no vayan a estar en contacto con el agua, se les dará dos manos de pintura anticorrosiva de primera calidad a base de óxido de plomo rojo.
- c).- La parte interior de la válvula de emergencia y además partes que vayan a estar en contacto con el agua, excluyendo los asientos y partes "maquinadas", se les dará una mano de imprimante - "primer Flat-black" de acuerdo con las Especificaciones A.W.W.A. §4.5-1940, tipo A designación "Coal Tar Enamel" y dos manos de pintura de alquitrán de carbón (Coal Tar) designación CA-50 o semejante. El Fabricante podrá proponer otro tipo de pinturas, enviando muestras oportunamente para ser probadas en el Laboratorio de la S.R.H., quien debe dar su aprobación antes de ser aplicada.
- d).- A todas las partes maquinadas que vayan a estar en movimiento deberá aplicárseles un compuesto de calidad adecuada que las proteja contra la oxidación durante el transporte y que sea soluble en gasolina.

IX.6.2.- Tronco de Cono y Tramo de tubo recto.-

Las superficies metálicas se limpiarán por el procedimiento de "chorro de arena" (sand-blasting), para lograr una superficie libre de escamas, herrumbre, pintura o cualquier materia extraña.

Antes de la limpieza con "chorro de arena", se esmerilarán todas las rugosidades, los bordes agudos y las gotas de soldadura.

Cuando la limpieza ha terminado, la superficie metálica deberá quedar de un color gris blanco uniforme, tal como se define en el "Surface Preparation Specification No. 5," Blast Cleaning to "A white Metal" de la Steel, Structures Painting Council. Las superficies manchadas indican una limpieza incompleta, lo cual no es conveniente y por lo tanto, toda zona manchada deberá ser limpiada con "chorro de arena", nuevamente.

Cuando se haya terminado la limpieza con "chorro de arena" se quitará todo el polvo, con un cepillo limpio o usando un aspirador de polvo mecánico.

Debido a que las superficies limpiadas con "chorro de arena" se corroen rápidamente, la pintura deberá aplicarse después de la limpieza. No deberá permitirse, que la superficie del metal permanezca - descubierta toda la noche y que grasas, aceite u otras substancias orgánicas entre en contacto con la superficie antes de la aplicación de la pintura.

La protección exterior del tronco de cono y el tramo de tubo recto, se hará mediante la aplicación de: como principio permanente, una - mano de recubrimiento 100% inorgánico de silicato de zinc y de acabado, un recubrimiento vinílico de ditos sólidos, como el Dimetecote No. 3 y el Amercoat No. 99 o similares respectivamente, para la aplicación correcta de estos recubrimientos, deberán seguirse las instrucciones del Fabricante de los mismos, a la terminación de los trabajos de montaje, deberá pintarse la franja que se dejó sin pintar en los extremos para soldadura y resanarse las raspaduras y rayones que hubiese sufrido la tubería durante el transporte y el montaje.

El espesor mínimo de la película seca del sistema completo debe ser de 9 milésimas de pulgada.

Después de haber limpiado por el procedimiento de "chorro de arena" siguiendo el mismo sistema que para la limpieza exterior, se aplicará un revestimiento vinílico de 3 componentes, primario, intermedio y acabado como el Amercoat No. 23 o similar, a fin de obtener la protección adecuada contra la corrosión, se deberán seguir las instrucciones del Fabricante de estos productos.

El espesor mínimo de la película seca del sistema completo debe ser de 10 milésimas de pulgada.

IX.7.- Marcado y Diagrama de Marcado.

El tronco de cono, los tramos de tubería y las válvulas, deberán ser marcadas y contramarcadas para mostrar la parte superior e inferior de las secciones sobre la línea vertical de centro cuando se vayan a - instalar, la dirección de la corriente del agua y el número de serie. El Fabricante deberá preparar diagramas de marcado indicando claramente la localización de cada sección numerada y cada parte perteneciente al tronco de cono, tramos de tubería y a las válvulas. Deberá enviar 5 copias de cada uno de sus diagramas a la Secretaría o a sus Representantes.

IX.8.- Pesos.-

El Fabricante deberá pesar todas las partes completas en básculas exactas y deberá hacer una lista completa de tales pesos netos, excluyendo las cajas y otros dispositivos de empaque, debiendo informar de esos pesos a la Secretaría o a sus Representantes. Los pesos netos finales de cada una de las piezas grandes deberán también indicarse en las piezas por medio de pintura o etiquetas fijadas a las partes, antes del embarque.

IX.9.- Placas con el Nombre del Fabricante.-

No se permitirán letras fundidas excepto el número de los modelos y siempre que así lo indiquen los planos aprobados. Sin embargo, el Fabricante podrá fijar pequeñas placas de bronce en las piezas, en las válvulas o mecanismos de operación con su nombre, dirección y demás datos, localizados donde no perjudique ni la resistencia ni el buen funcionamiento de las válvulas o sus accesorios.

CAPITULO X

CLAUSULAS DE INSPECCION

X.1.- Atribuciones de los Inspectores.-

El equipo detallado en estas Especificaciones estará sujeto a la inspección y aceptación que a nombre de la Secretaría harán los Inspectores que oportunamente serán designados y que serán los únicos que decidan si los equipos están o no de acuerdo con las Especificaciones.

X.2.- Costo de la Inspección.-

El costo de la inspección será por cuenta de la Secretaría - pero en el caso de que los Inspectores tengan que hacer trabajos extraordinarios fuera de lo normal, por causas imputables al Fabricante el importe de dichos trabajos hasta por una cantidad no superior al 1% del importe de los equipos a que se refiera la inspección extraordinaria.

X.3.- Elementos que el Fabricante proporcionará a los Inspectores.-

El Fabricante se obliga a proporcionar a los Inspectores todas las facilidades que les permitan cerciorarse de que los materiales, los equipos y las pruebas a que se sujeten son satisfactorias - para los intereses de la Secretaría; cuando el Inspector lo requiera, se harán las pruebas necesarias para aclarar cualquier caso dudoso, y el Fabricante proporcionará al Inspector las copias de los resultados de dichas pruebas, para enviar a la Secretaría con sus informes.

X.4.- Suministro de Dibujos a los Inspectores.-

El Fabricante enviará o entregará a los Inspectores dos copias de los dibujos a que se refiere el punto VI.3 con la anticipación necesaria para que la inspección pueda hacerse en forma satisfactoria y apegada a los dibujos finalmente aprobados por la Secretaría, para lo cual el Fabricante deberá informar a los Inspectores sobre las modificaciones más recientes a dichos dibujos, independientemente de la información que reciban los Inspectores directamente - de la Secretaría.

X.5.- Inspección de los Equipos o de sus partes fabricadas por Subcontratistas.-

En caso de que el Fabricante subcontrate la fabricación de las partes de las válvulas, deberá incluir, en las órdenes que dé a los Subcontratistas, todas las cláusulas relativas a inspección de estas

especificaciones y de las cuales deberá enviar copia a los Inspectores.

X.6.- INFORME SOBRE EL PROGRESO DE LOS TRABAJOS.-

Los informes sobre todas las pruebas hechas por el Fabricante, sus agentes o subcontratistas, así como los informes del avance de trabajo y otros semejantes que se envíen a la Secretaría, estarán redactados de preferencia en español o en inglés y llevarán la aprobación de los Inspectores.

X.7.- RECEPCION FINAL.-

Los Inspectores recibirán los equipos en forma definitiva siempre que el Fabricante los haya empacado y embarcado con la misma secuencia que requiera su instalación de la tubería en las obras de la Presa "SAN ILDEFONSO", es decir, como se estipula en la Cláusula VI.4 y cada embarque contendrá todos los accesorios, tales como anclas y otros dispositivos que sean indispensables para la correcta instalación de los equipos incluidos en ese embarque. Por cada bulto el Fabricante enviará a la Secretaría, listas detalladas de su contenido; esas listas preparadas por el Fabricante deberán ser verificadas y firmadas de conformidad por los Inspectores.

X.8.- CERTIFICADO DE ACEPTACION.-

Entre los documentos necesarios para que el Fabricante pueda hacer efectivos los pagos del importe de los equipos, deberá incluir el certificado de inspección con la aceptación de los Inspectores, como se indicó en la Cláusula VI.8, así como el certificado de la obra, indicando que los materiales llegaron sin novedad.

CAPITULO XI

ENSAYOS Y PRUEBAS

XI.1. PRUEBAS DE MATERIALES.-

Una vez que hayan sido aprobados por la Secretaría las características de los metales y de los otros materiales que haya propuesto el Fabricante, sólo se podrá iniciar la fabricación empleando tales materiales si el Inspector dá su aprobación como consecuencia de los análisis y pruebas cuyos certificados le haya presentado el Fabricante o que se hayan ejecutado por el Inspector o en su presencia.

Cuando haya dudas sobre la calidad de un lote particular de material, se harán los ensayos o pruebas de laboratorio que aclaren dichas dudas y mientras se conocen los resultados de las pruebas no se utilizará el material del lote dudoso.

Toda pieza fabricada con materiales no aceptados será rechazada.

XI.2.- PRUEBAS DE LA VALVULA DE MARIPOSA DE EMERGENCIA.-

Estas pruebas deberán efectuarse en presencia del Inspector de la Secretaría según se detalla en los párrafos siguientes:

XI.2.1.- PRUEBA DEL MECANISMO DE OPERACION.-

La válvula deberá colocarse en posición vertical, en el taller y deberá operarse varias veces a través de toda su carrera. Durante esta prueba, se ajustarán a satisfacción del Inspector, todos los sellos, interruptores de límite, válvulas de control y demás accesorios. La lenteja deberá girarse en ambas direcciones hasta que todas las partes de la válvula se muevan libremente sin vibraciones.

XI.2.2.- PRUEBA HIDROSTATICA.-

El Fabricante deberá efectuar una prueba hidrostática en su propio taller y todos los gastos que origine esa prueba deberán ser incluidos en la cotización. La prueba hidrostática se llevará a cabo en la forma siguiente:

- a).- Aplicación de la presión.- Una vez cerrados ambos extremos de la válvula de mariposa, en la forma que lo proponga el Fabricante y con la lenteja de la válvula ligeramente abierta, la carcasa de la válvula se sujetará a una presión de 10.38 Kg/cm². Esta presión deberá sostenerse durante un período de 2 (dos) horas cuando menos,

al final del cual y conservando la presión de 10.38 Kg/cm²., se harán las comprobaciones de la calidad del material y si hay o no fugas o áreas defectuosas.

Después de terminar la prueba de fugas, de que se habla en el párrafo siguiente y si los resultados son satisfactorios, deberá elevarse nuevamente la presión a 10.38 Kg/cm², con el lado aguas arriba de la lenteja para comprobar la calidad del material de ésta y si hay o no fugas y áreas defectuosas en la misma. La presión sobre la lenteja deberá mantenerse cuando menos durante un lapso de 15 minutos o el tiempo necesario para inspeccionar perfectamente la lenteja.

b).- Investigación de fugas.- Después de terminada satisfactoriamente la prueba de la carcasa, se efectuará la prueba de fugas para la cual se quitará el dispositivo de cierre del lado aguas abajo de la válvula y la lenteja se colocará en su posición totalmente cerrada.

Se aplicará una presión de 7.0 Kg/cm²., y la cantidad de agua que pase a través de los cierres bajo esta presión, no deberá exceder de 100 lts./min.

XI.3 PRUEBA DE LAS VALVULAS DE SERVICIO DE DESCARGA LIBRE.-

Estas pruebas deberán efectuarse en presencia del Inspector de la Secretaría.

XI.3.1.- PRUEBAS DE MECANISMO DE OPERACION.-

Esta prueba consistirá en abrir y cerrar la válvula totalmente por medio de su mecanismo de operación manual y eléctrico para comprobar que todas las partes funcionan libremente durante toda su carrera. En esta prueba se verificará el correcto alineamiento de todas las partes móviles, los asientos de las válvulas, controles, interruptores, etc.

XI.3.2.- PRUEBAS HIDROSTATICAS.-

La válvula de servicio de descarga libre deberá ser probada hidrostáticamente en los talleres del Fabricante por lo que éste deberá incluir en su cotización el costo de esta prueba que deberá efectuarse en la forma siguiente y para lo cual, deberá proporcionar todos los elementos necesarios para llevarla a cabo.

- a).- Aplicación de la Presión.- Una vez cerrados ambos extremos de la válvula, se elevará la presión en el interior del cuerpo de la válvula hasta alcanzar 10.38 Kg/cm²., debiendo sostenerse esta presión cuando menos durante un período de 2 (dos) horas, al final de las cuales y aún bajo la presión de 10.38 Kg/cm²., se inspeccionará la carcasa para comprobar si hay o no fugas o áreas defectuosas. Después de terminada satisfactoriamente la prueba de fugas a que se refiere el párrafo siguiente, la presión deberá elevarse otra vez a 10.38 Kg/cm²., con el lado aguas arriba del órgano de cierre de la válvula de chorro divergente, lo cual servirá para comprobar la calidad del material de ésta y si hay o no fugas o áreas defectuosas. La presión deberá mantenerse cuando menos por un período de 2 (dos) horas al final de las cuales se harán todas las comprobaciones que se mencionaron para la válvula de mariposa para emergencia.
- b).- Investigación de Fuga.- Después de terminada la prueba del cuerpo de la válvula satisfactoriamente y estando la válvula en su posición de totalmente cerrada, se hará la prueba de fugas empleando una presión hidrostática de 7.0 Kg/cm². Bajo esta presión no deberán verse sino solamente huellas de agua descargando a través de los cierres de la válvula, la cantidad de agua que escurra por los cierres, durante esta prueba deberá ser despreciable. El tiempo que deberá durar esta prueba será el necesario para inspeccionar la válvula correctamente. En caso necesario deberán ajustarse a mano o a máquina los asientos de las válvulas, con el objeto de obtener el cierre en las condiciones descritas sin costo adicional para la Secretaría.

XI.4.- REPARACIONES.-

Si durante las pruebas hidrostáticas de que se ha hablado en los párrafos anteriores, tanto para la válvula de mariposa de emergencia, como para la válvula de servicio, se encuentran fugas o áreas defectuosas a través del material, será necesario limpiar perfectamente la región en que se encuentra la fuga hasta encontrar metal sano y rellenar con soldadura, si a juicio de los Inspectores es conveniente.

En caso de que haya sido necesario soldar, la Secretaría exigirá pruebas adicionales de rayos "X" y eliminación de esfuerzos internos (producidos por calentamiento no uniforme) por procedimientos térmicos y efectuar nuevas pruebas hidrostáticas, todo lo cual se hará por cuenta exclusiva del Fabricante.

XI.5.- PRUEBAS RADIOGRAFICAS DE SOLDADURA.-

En caso de que el Fabricante proponga y se acepte por la Secretaría el diseño de las carcacas, tanto de la válvula de mariposa como de la válvula de chorro hueco, hecho de placa soldada, tan pronto como sea posible, después de haberse ejecutado la soldadura se radiografiarán en toda su longitud todas las juntas soldadas.

También se radiografiarán en toda su longitud todas las juntas soldadas hechas en el taller, de las piezas adyacentes a las válvulas y del tramo recto de tubería.

La película usada para hacer las radiografías deberán ser de combustión lenta (slow-burning). Las radiografías deberán tomarse estrictamente de acuerdo con los requisitos y con la técnica descrita en la Sección U. DE UNFIRED PRESSURE VESSELS Sección VIII Edición 1959- (ASME).

Antes de hacer las radiografías de la soldadura, el Fabricante deberá poner marcas de fácil identificación adyacentes a la soldadura - las cuales deberán estar localizadas para que su imagen aparezca en las radiografías. Las marcas deberán pintarse, estamparse o adherirse a la lámina y no deberán quitarse sino hasta después de que todas las soldaduras hayan sido aceptadas.

Todas las radiografías deberán entregarse a los Inspectores de la Secretaría, con el objeto de que aquellos juzguen de la calidad de todas las juntas soldadas.

Los defectos de soldadura que sean mostrados por las radiografías deberán cincelarse o maquinarse hasta encontrar metal sano y las cavidades resultantes deberán ser soldadas otra vez. Las soldaduras que hayan sido reparadas deberán ser radiografiadas nuevamente.

El Fabricante deberá preparar y suministrar un diagrama de marcas de cada tubería, mostrando la localización de cada radiografía para cada junta soldada. Todas las radiografías serán propiedad de la Secretaría.

El costo de las nuevas radiografías hechas en las válvulas y en los tramos de tubería adyacentes serán por cuenta del Fabricante.

El Fabricante deberá suministrar todo el equipo, aparatos, herramienta y mano de obra requeridos para efectuar las pruebas radiográficas y el costo deberá considerarse incluido en su cotización.



centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam



PLANEACION, DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PRESAS

MODERN TRENDS IN SELECTING AND DESIGNING FRANCIS TURBINES

Febrero, 1980.



Modern trends in selecting and designing Francis turbines

By F. de Siervo* and F. de Leva*

The increasing demand for hydroelectric power has tended to lead to the construction of particularly large units, especially for conditions of low head and high flow. This tendency has stimulated advances in design and manufacturing processes, so as to keep the dimensions and costs of these large units to a minimum without sacrificing efficiency and reliability.

THE USE of increasingly large turbines, which has been brought about by the need to uprate units, as well as to exploit sites more effectively, has been particularly evident in those run-of-river plants where large flows at medium or small heads are utilized. There has been a corresponding incentive to limit the dimensions of these units so as to keep costs both of the mechanical components and the associated civil engineering structures to a minimum; improved efficiency is another factor which is leading to more refined designs.

In the case of Francis turbines the increase of unit size has led to a broadening of the field of application, partially invading those that were once considered exclusive to Kaplan and Pelton machines.

The authors' company has operated for more than twenty years in designing hydropower plants and is currently working on some major projects, from the point of view of unit power and total installed capacity. Experience acquired has made it possible to examine and evaluate advanced manufacturing technology for the solution of the problems concerning the design of hydropower plants.

An accumulation of data, covering in particular the more recent plants, has made it possible to assess current progress in designing Francis turbines, through contacts with manufacturers all over the world and by taking account of modern technology.

The aim of this article is to provide engineers with an up-to-date reference source for preliminary planning at the feasibility study stage. Statistical diagrams of the main dimensional and operating characteristics of Francis turbines are included.

Data analysis

The research detailed in this article covers the period 1960-1975, and takes into account some outstanding vertical shaft Francis turbines built by manufacturers all over the world.

The table gives the main features of the installations investigated as taken from the references, while the diagrams are based on the project data, dimensions, and the general layouts of the machines.

The turbine data presented in the graphs have been collated only from cases with complete information, rejecting those having unusual installation and operating conditions; eg. the data relating to turbines which are coupled to storage pumps or to generators, designed to operate as synchronous condensers without

air injection into the runner, were not taken into account in tracing the diagrams of specific speed and cavitation coefficient.

The curves were drawn by a simple regression procedure, using a digital computer program which analyses the interdependence of assigned pairs of values utilizing ten different types of interpolating functions. In the cases examined, the functions which gave the best correlation coefficients were: straight line; exponential; hyperbolic; power; and last, rational.

The values of the correlation coefficients and standard deviations indicated in the text permit, in each case, the evaluation of the degree of association between the two variables under study and of the scattering of the data in respect to the interpolating function.

General selection criteria

Usually the main data available to the engineer when selecting the hydraulic turbine for a preliminary project or feasibility study, are: net design head, H_n ; and design capacity for the turbine, P_n .

Generally these result from complex considerations strictly correlated with the regulation of the catchment

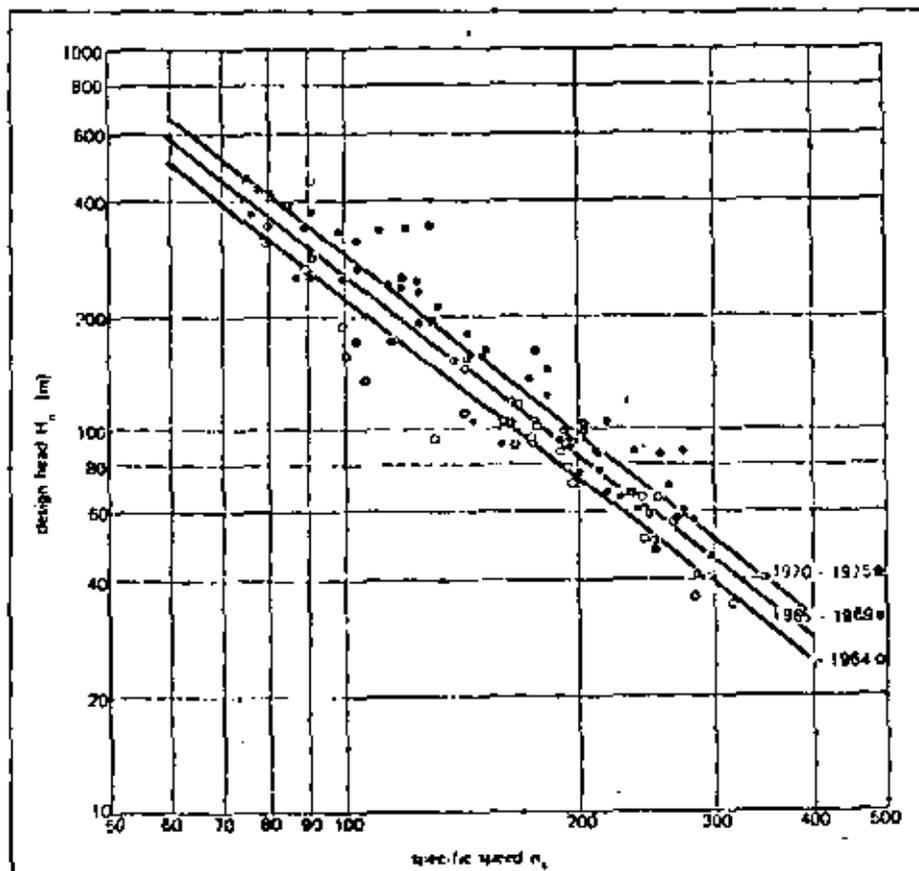


Fig. 1. Specific speed versus design head. The curves indicate that over a period extending from some time before 1964 to the present there has been a trend to increase the value of the specific speed for a given head.

* ELC-Electroconsult, via Chiabrera 8, Milan 20151, Italy.

basin to be utilized, and the requirements of the electric grid to which the powerplant will be connected. The first requirement for the engineer is to choose the most suitable type of turbine for the project under study.

Each turbine is characterized by a constant, called the specific speed:

$$n_s = n P_r^{0.5} H_n^{-1.25} \quad \dots \quad (1)$$

n being the rated speed.

Eq. (1) means that, for all turbines which are geometrically similar and operate in similar hydraulic conditions, and for which the efficiencies are assumed to be equal, the product

$$n P_r^{0.5} H_n^{-1.25}$$

is constant.

Practical experience shows that technical and economical requirements together with manufacturing problems, establish a relationship between the specific speed and the design head, of the type:

$$n_s = F[H_n]$$

which is normally expressed in the form of a diagram. For any assigned value of the head H_n , there exists a restricted range of possible values for n_s , thus determining the type of turbine to be employed.

The available data have been divided into three groups, depending on the year of design of the turbines. This gives the three regression curves indicated in Fig. 1, which are described as follows:

1960-1964	$n_s = 2959 \cdot H_n^{-0.623}$
1965-1969	$n_s = 3250 \cdot H_n^{-0.623}$
1970-1975	$n_s = 3470 \cdot H_n^{-0.623}$

The correlation coefficients and the standard deviations are (respectively):

$r = -0.94$	$s = 52.6$
$r = -0.97$	$s = 30.2$
$r = -0.95$	$s = 39.8$

They show a high degree of grouping of the data in respect of the chosen interpolating functions.

The diagram shows that, over the period considered, there has been a constant trend to increase the value of n_s for a given head. For constant head and design capacity, an increase of the specific speed corresponds to a higher turbine frequency of rotation as in Eq. (1); the increase of n_s thus leads to a reduction in the unit dimensions, and consequently to lower installation costs, while keeping the unit costs for raw materials and labour unchanged.

The curves drawn, give the specific speed for any assigned head and represent an average of the data examined, and therefore serve only to give an indicative value. Single installations may have n_s values that differ from those given by the equations, depending on particular operating or design criteria. For example, the tendency to increase the n_s value will be more apparent in the case of units which are going to be used for peak service where the greater wear problems are compensated by shorter periods of operation; or for larger units, for which the increase of the specific speed permits cost reductions, which are greater in absolute value than in the case of smaller units.

Particularly favourable installation conditions, such as those sometimes encountered in the case of underground powerplants, lead to similar consequences.

The increase in n_s will be less appreciable for units of smaller dimensions where the lower costs do not justify expensive research work, or in the case of improvement or

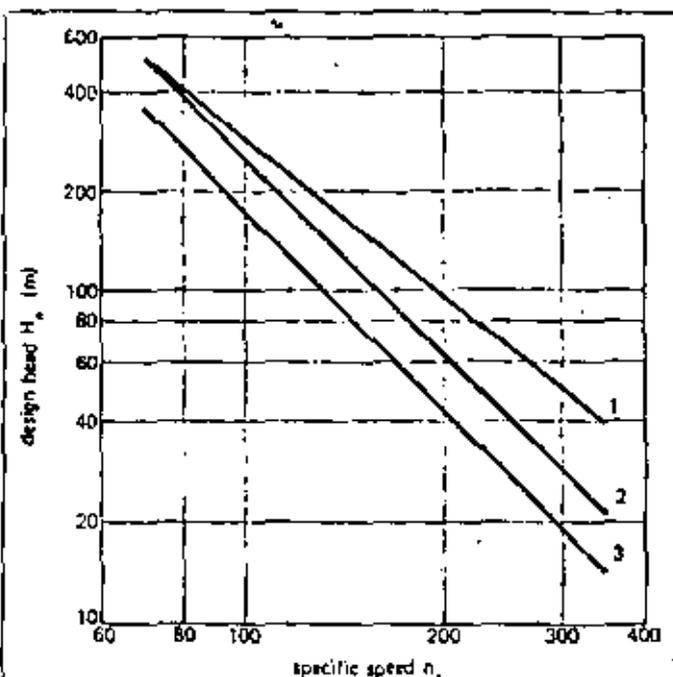


Fig. 2. Increase in specific speed (for a given head) as a function of the period of design. The relationship denoted by (1) is derived from Fig. 1; curve number 2 is derived from Handbook of Applied Hydraulics published in 1969 and written by Sorensen, K. E. and C. V. Davis; curve number 3 is derived from the US Bureau of Reclamation's Selecting Hydraulic Reaction Turbines published in 1966.

expansion of older powerplants where the installation conditions cannot be altered.

The general trend over the years towards higher specific speeds for given heads is confirmed by Fig. 2.

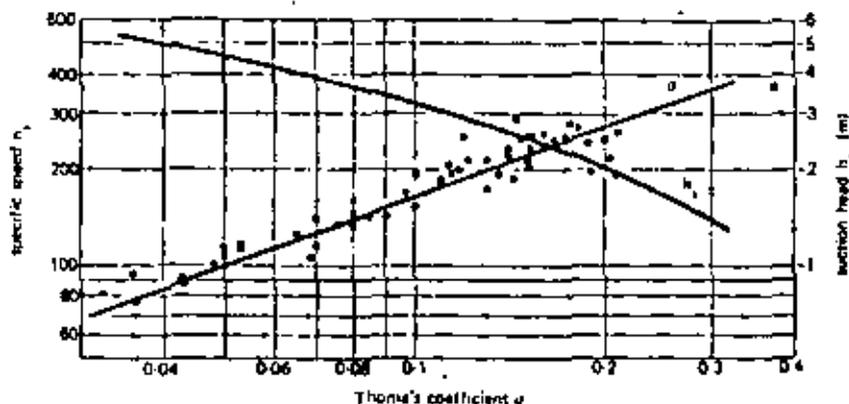
Once the value of n_s is decided from Fig. 1, the best rotation frequency is determined by Eq. (1); the rated frequency of the turbine will coincide with one of those synchronous frequencies which are nearest the ideal one, adopting the higher or lower value, depending on which of the above considerations may prevail.

The final value of n_s will then be calculated applying Eq. (1) again.

Notations

D_r	= runner discharge diameter (m)
g	= gravity acceleration (m/s^2)
h_b	= barometric pressure (m)
h_s	= static suction head referred to the wicket gate centreline (m)
h_v	= vapour pressure head (m)
H_n	= turbine net design head (m)
k_s	= runner peripheral velocity coefficient
k_{s1}	= ratio between water velocity at spiral case inlet section and spouting velocity
k_{s2}	= ratio between water velocity at draft tube inlet section and spouting velocity
n	= turbine speed of rotation (rev/min)
n_r	= turbine runaway speed of rotation (rev/min)
n_s	= turbine specific speed
P_r	= turbine design capacity (kW)
Q_r	= turbine rated flow (m^3/s)
Q_γ	= flow passing through a spiral case radial section rotated of the angle γ in respect to the inlet section (m^3/s)
r	= statistical curves correlation coefficient
r_1	= distance of a point in the spiral case from the turbine axis (m)
s	= statistical curves standard deviation
v_s	= water velocity at spiral case inlet section (m/s)
v_{s1}	= water velocity at draft tube inlet section (m/s)
v_r	= peripheral velocity of water in the spiral case
σ	= cavitation coefficient (Thoma's coefficient)

Fig. 3. Cavitation (Thoma's) coefficient and suction head versus specific speed. The rate of change of suction head against specific speed is shown for the period 1970 to 1975, and is seen to vary between -1 to $-5m$ in the range considered.



Strictly related to the value of n_s is the cavitation coefficient, expressed by the formula:

$$\sigma = (h_s - h_w - h_s) / H_w$$

The relationship above expresses the following requirement: to keep the cavitation phenomena within acceptable limits at the turbine discharge, the absolute pressure must not fall below a given value determined by experiment. This depends, in turn, on the elevation above sea level and on the height of the runner above the discharge level. The function

$$\sigma = F[n_s]$$

is shown in Fig. 3.

The available data have led to the following regression

curve:

$$\sigma = 7.54 \times 10^{-3} n_s^{1.41}$$

with

$$r = 0.95 \quad s = 0.027$$

For every turbine, choosing the value of n_s and σ in Figs. 1 and 3 determines both the maximum value of the suction head h_s and the consequent elevation of the unit in respect to the minimum water discharge level. Furthermore, Fig. 3 gives the rate of change of h_s versus the specific speed obtained on the base of the curve $n_s = n_s(H_w)$ relative to the period 1970-1975, and of the curve $\sigma = F[n_s]$ on the same diagram.

As can be seen, the average suction head h_s varies between $-1m$ and $-5m$ in the range considered. In Fig. 4, the calculated curve is compared with similar curves covering different periods of time. It shows a progressive reduction over the years of the cavitation coefficient for a given specific speed, especially for units where this is high. This illustrates the improvement obtained in the operation of turbines as a result of a more accurate study of their hydrodynamic profiles. The ratio of the runaway rotation frequency n_r to the rated one n , necessary to define the design of the electric generator, is expressed as a function of n_s in Fig. 5. For each turbine the maximum frequency of rotation, relative to the rated opening corresponds to the maximum operating head.

The available data show marked scattering because the ratio between the maximum and the rated head of the unit varies depending on the powerplant.

To give evaluation criteria which as far as possible are independent from these characteristics, the interpolating function has been determined by considering only data pertaining to powerplants for which the maximum head does not differ by more than ten per cent from the rated one. The interpolating function is:

$$n_r/n = 1.52 + 1.52 \times 10^{-3} n_s$$

where

$$r = 0.64 \quad s = 0.12$$

For powerplants with considerable head variations, a first approximation value for n_r can be obtained by increasing the value given by the interpolating curve proportionally to the square root of the ratio between maximum and rated heads.

Runner size

The similarity laws applied to hydraulic turbines show that with the same specific speed, the peripheral velocity coefficient k_u remains constant; k_u is defined by the expression:

$$k_u = \frac{v_{tip}}{c} = \frac{D_1 n \pi}{60 \sqrt{2gH_w}} \quad K_{u1} = \frac{D_1 n \pi}{60 \sqrt{2gH_w}}$$

where: D_1 = discharge diameter of runner; and g = gravity acceleration.

Once the rate of change of k_u versus n_s and the rotation frequency n are established, it is possible to calculate the

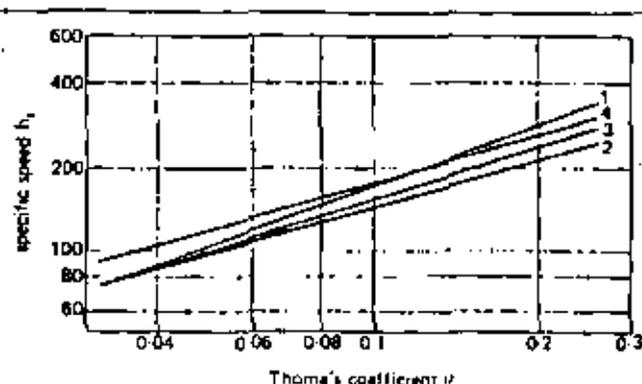


Fig. 4. Cavitation (Thoma's) coefficient decrease as a function of the period of design. The curve denoted by (1) is derived from Fig. 3; curves 2 and 3 are derived from the same sources as curves 2 and 3 in Fig. 2; curve 4 is derived from Turbines hydrauliques et leur regulation published in 1966 and written by L. Vivier.

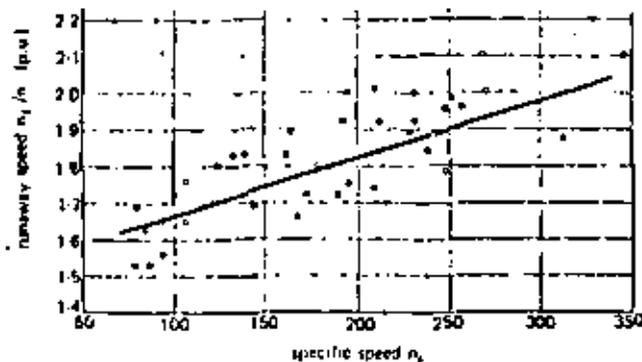
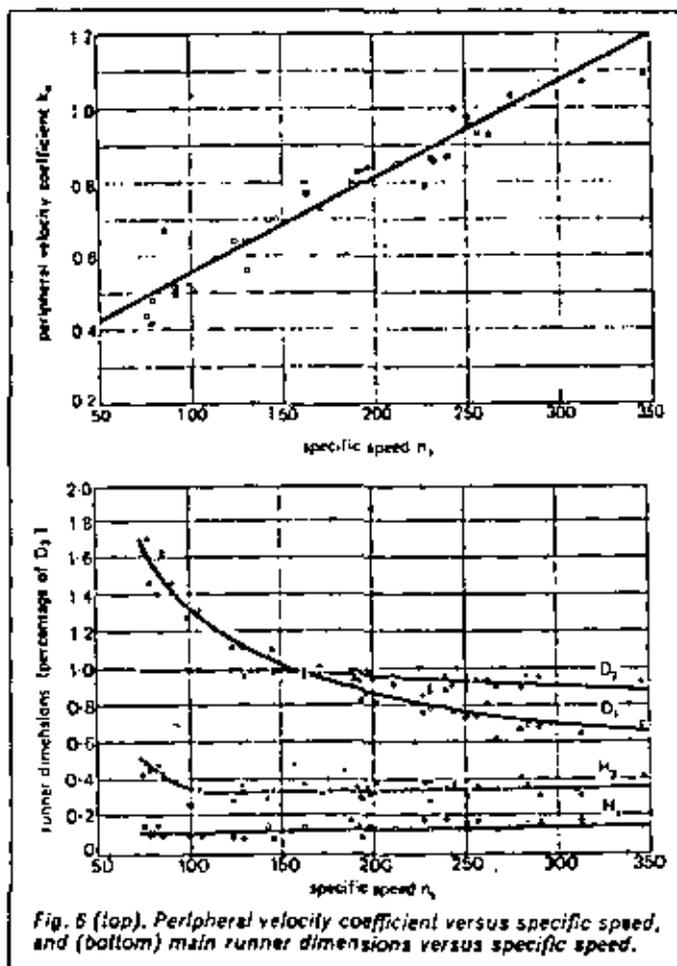


Fig. 5. Ratio between runaway and rated speed versus specific speed. The design of the associated generator depends on the rated speed n .



The interpolating functions of the various curves are as follows:

$$D_2/D_3 = 0.4 + 94.5/n_s$$

$$r = 0.977 \quad s = 0.075$$

$$D_1/D_3 = 1/(0.96 + 0.00038n_s)$$

$$r = 0.67 \quad s = 0.028$$

$$H_1/D_3 = 0.094 + 0.00025n_s$$

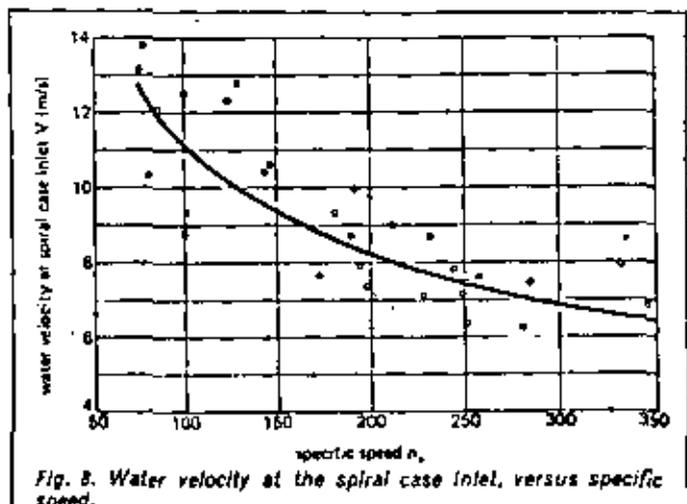
$$r = 0.63 \quad s = 0.023$$

$$H_2/D_3 = -0.05 + 42/n_s \quad (50 < n_s < 110)$$

$$r = 0.62 \quad s = 0.056$$

$$H_3/D_3 = 1/(3.16 - 0.0013n_s) \quad (110 < n_s < 350)$$

$$r = -0.21 \quad s = 0.059$$



value of the discharge diameter;

$$D_3 = 84.5k_v \sqrt{(H_s)/n}$$

Fig. 6 (top) shows the data used, and gives the resulting interpolating function:

$$k_v = 0.31 + 2.5 \times 10^{-3}n_s$$

where

$$r = 0.97 \quad s = 0.047$$

The other runner dimensions indicated in Fig. 7 may be obtained in function of n_s , referred to the diameter D_3 , from the curves of Fig. 6 (bottom).

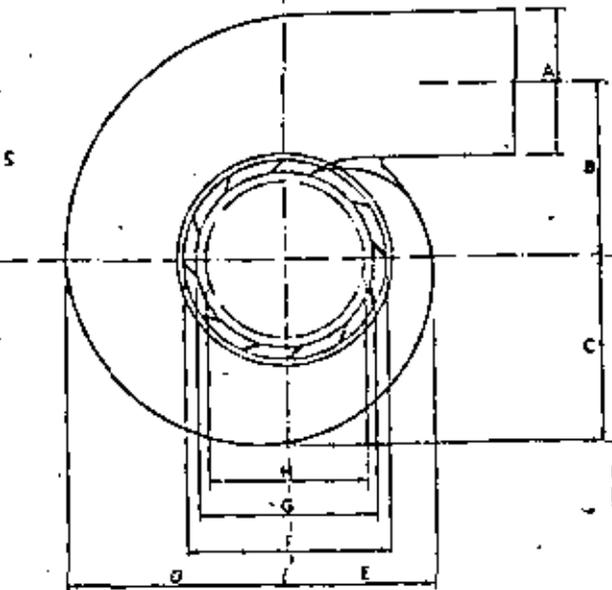
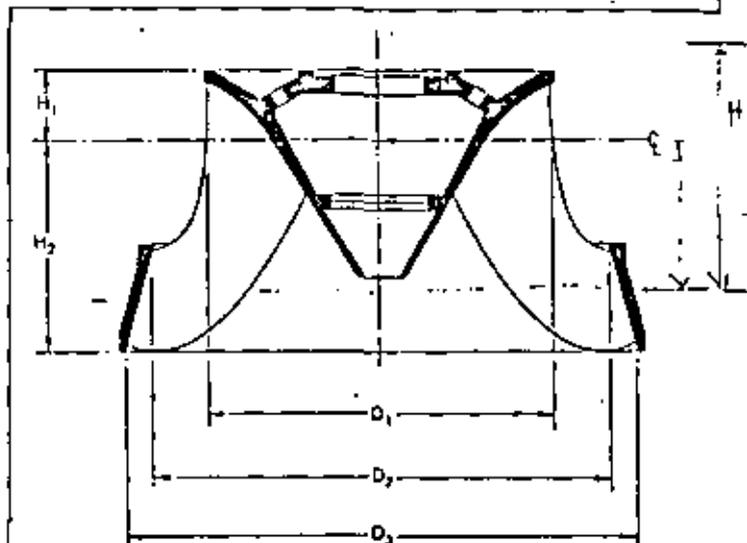
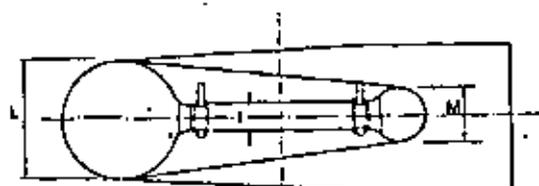


Fig. 7. Runner dimensions; these are dependent on the parameters indicated in the lower diagram of Fig. 6.

Fig. 9. Main spiral case dimensions; these are dependent on the parameters indicated in Figs. 10 and 11.

The r and s values obtained indicate that, as far as the runner size is concerned, the design criteria of the different manufacturers are very similar.

Spiral casing size

The dimensions of the spiral casing depend essentially on the value assumed for the water velocity at the inlet section. Given this value, the areas of the transverse sections are generally calculated as a function of their position along the axis of the spiral casing, so that the following conditions are satisfied:

$$Qy = Q_0(1 - y/2\pi) \quad \dots \quad (2)$$

$$v_{r1} = k \quad \dots \quad (3)$$

Eq. (2) shows that the runner is fed uniformly along its inlet circumference, while Eq. (3) reflects the irrotationality of the water flow.

Fig. 8 gives, as a function of n_s , the average statistical value of the absolute water velocity at the inlet section of the spiral casing, relative to the design head H_s . The interpolating function is:

$$v = 844n_s^{-0.44} \quad \text{or} \quad v = 84.4 n_s^{-0.44}$$

$$r = -0.84 \quad s = 1.267$$

The main dimensions of the spiral casing indicated in Fig. 9 may be obtained as a function of n_s , referred to the diameter D_3 , from the curves of Figs. 10 and 11. The

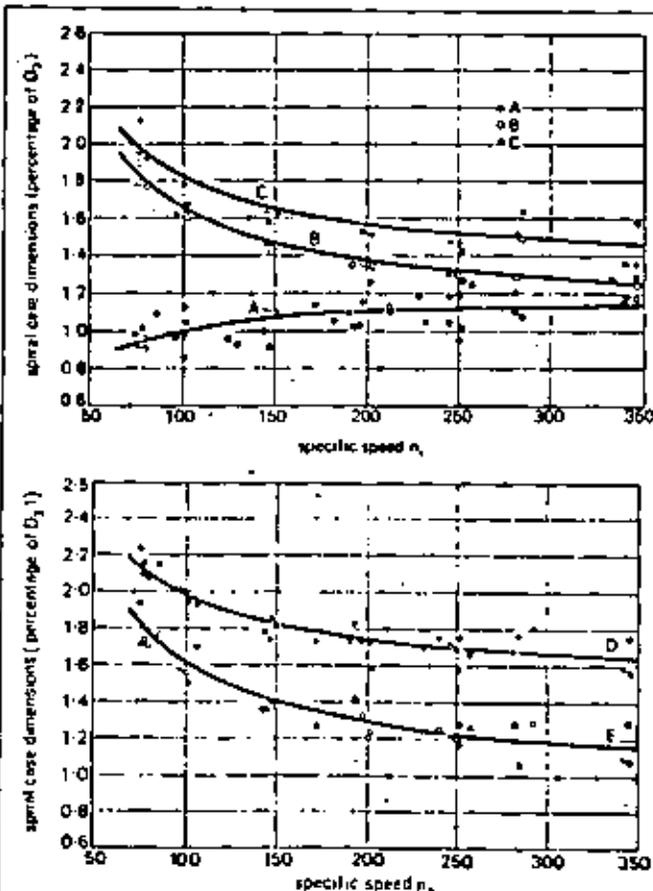


Fig. 10 (top and bottom). Main spiral case dimensions versus specific speed. The points indicated with an arrow refer to spiral cases calculated as controls assuming an average inlet velocity given in Fig. 8. The letters A, B, C, D and E refer to the dimensions indicated in Fig. 9.

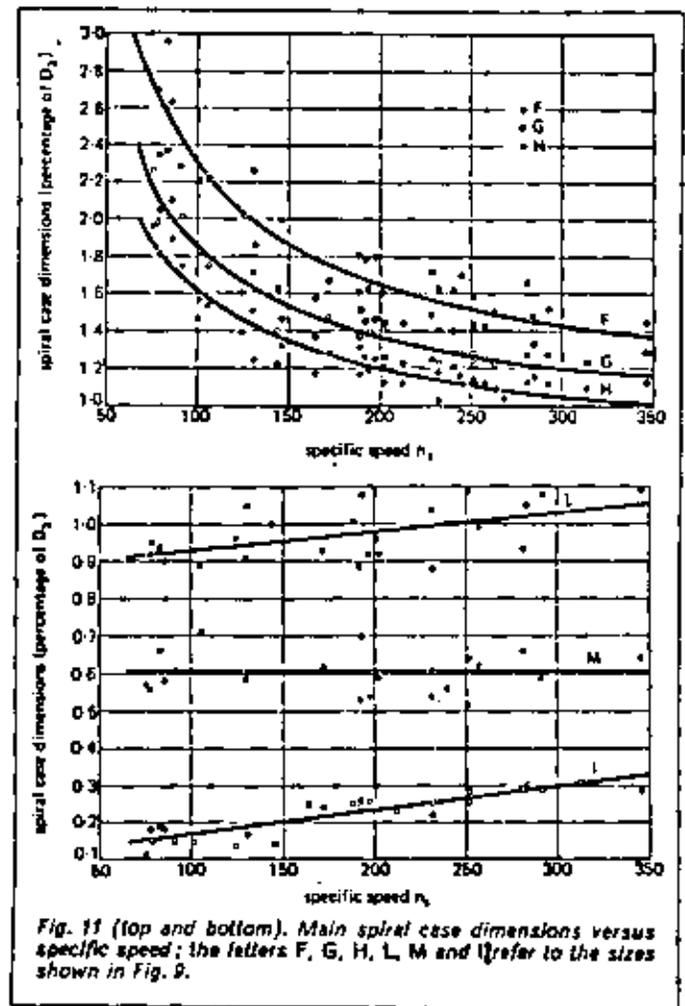


Fig. 11 (top and bottom). Main spiral case dimensions versus specific speed; the letters F, G, H, L, M and I refer to the sizes shown in Fig. 9.

interpolating functions for the different curves are as follows:

$$A/D_3 = 1.2 - 19.56/n_s$$

$$r = 0.54 \quad s = 0.099$$

$$B/D_3 = 1.1 + 54.8/n_s$$

$$r = 0.92 \quad s = 0.082$$

$$C/D_3 = 1.32 + 49.25/n_s$$

$$r = 0.84 \quad s = 0.12$$

$$D/D_3 = 1.50 + 48.8/n_s$$

$$r = 0.90 \quad s = 0.08$$

$$E/D_3 = 0.98 + 63.60/n_s$$

$$r = 0.93 \quad s = 0.08$$

$$F/D_3 = 1 + 131.4/n_s$$

$$r = 0.94 \quad s = 0.15$$

$$G/D_3 = 0.89 + 96.5/n_s$$

$$r = 0.94 \quad s = 0.11$$

$$H/D_3 = 0.79 + 81.75/n_s$$

$$r = 0.95 \quad s = 0.12$$

$$I/D_3 = 0.1 + 0.00065n_s$$

$$r = 0.87 \quad s = 0.029$$

$$L/D_3 = 0.88 + 0.00049n_s$$

$$r = 0.54 \quad s = 0.06$$

$$M/D_3 = 0.60 + 0.000015n_s$$

$$r = 0.020 \quad s = 0.053$$

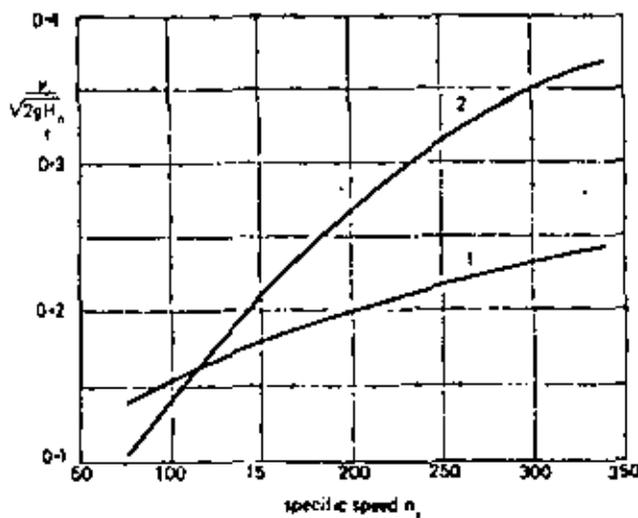


Fig. 12. Ratio between actual and spouting water velocity in (1) the spiral case inlet and (2) the draft tube inlet.

The points marked with an arrow on the diagrams of Fig. 10 refer to spiral casings, calculated as a control in accordance with the criteria expounded above, and assuming the average inlet velocity to be that given by Fig. 8.

The interpolating curves agree with the calculated values; the scattering of the points concerning the utilized data results from the inlet velocity chosen.

Figs. 10 and 11 can be interpreted with the aid of curve 1 in Fig. 12; this relates the rate of change of k_s versus n_s , k_s being the ratio between the velocity v of the water at the inlet section of the spiral case, and the spouting velocity corresponding to the rated head obtained according to Figs. 1 and 8. It may be observed that k_s increases with the increase of n_s , although the velocity v diminishes appreciably. This is because of a technical-economical compromise between two opposing trends, which are:

(a) to keep k_s constant and with it the incidence of head losses compared with total head as n_s increases; this would require a major reduction of v which would mean greater dimensions and costs for the spiral casing; and

(b) to keep the velocity v constant with the aim of limiting the dimensions of the spiral casing; with all other conditions constant this involves a considerable increase of k_s and therefore an appreciable reduction of the turbine efficiency.

The compromise solution indicated by the statistical curves in Figs. 10 and 11 partially satisfies both requirements, accepting a small reduction in efficiency while still ensuring an economical size for the spiral case.

Accordingly, the diameters A and L increase with the increase of n_s ; the apparent anomaly that M remains constant is because of its proximity to the end section of the spiral casing where the volute departs from the theoretical circular shape. The dimensions B , C , D and E of the horizontal sections of the spiral case diminish with the increase of specific speed, in spite of the greater volute diameter. This occurs because, with the increase of specific speed, the inlet diameter of the runner, and consequently the ones of the guide and stay vanes, diminishes compared with the discharge diameter, so that the volute has to be formed around a smaller circumference.

Draft tube size

The draft tube size is directly determined by the size of runner, as both have in common the diameter D_2 and the absolute velocity at the inlet section which corresponds with the runner discharge velocity.

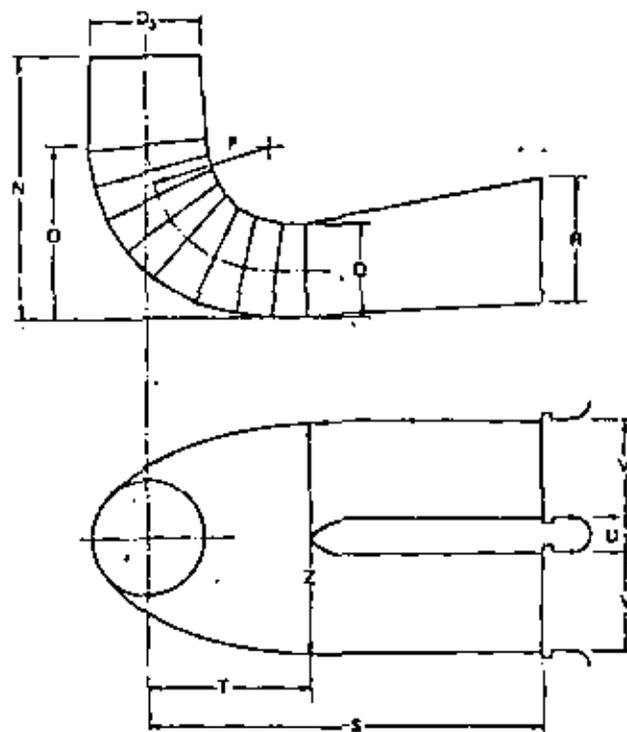


Fig. 13. Main draft tube dimensions. These are determined principally by the relationships indicated in Figs. 14 and 15.

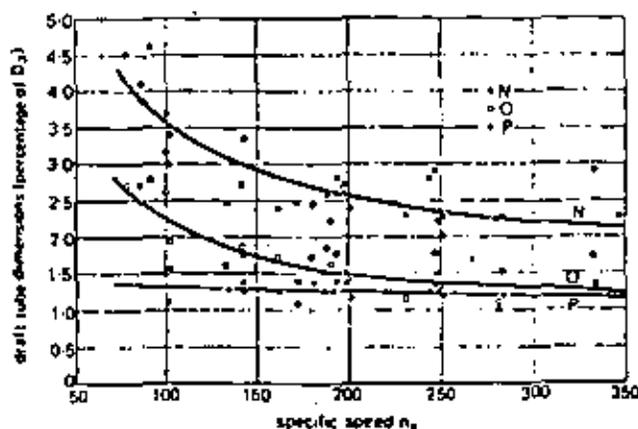
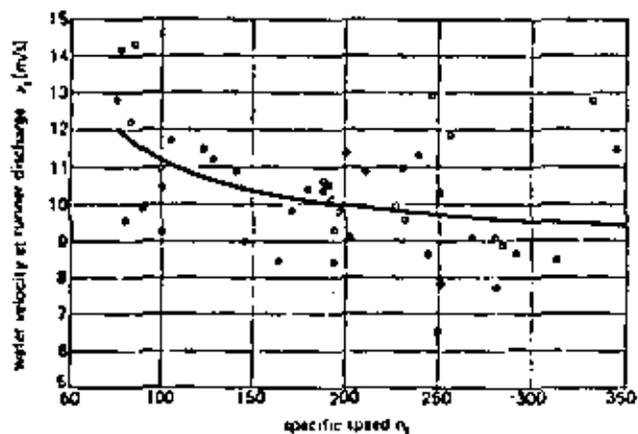


Fig. 14 (top). Water velocity at the runner discharge versus specific speed and (bottom) main draft tube dimensions versus specific speed. The letters N , O and P in the lower diagram refer to specific dimensions shown in Fig. 13.

Fig. 14 (top) gives the mean statistical value of this velocity versus the specific speed n_s . The interpolating function is

$$v_1 = 8.74 + 248/n_s$$

where

$$r = 0.46 \quad s = 1.45$$

The most important dimensions of the draft tubes indicated in Fig. 13 are given by Figs. 14 and 15, where the interpolating functions are:

$$N/D_3 = 1.54 + 203.5/n_s \\ r = 0.85 \quad s = 0.38$$

$$O/D_3 = 0.83 + 140.7/n_s \\ r = 0.82 \quad s = 0.28$$

$$P/D_3 = 1.37 - 0.00056n_s \\ r = -0.27 \quad s = 0.13$$

$$Q/D_3 = 0.58 + 22.6/n_s \\ r = 0.38 \quad s = 0.15$$

$$R/D_3 = 1.6 - 0.0013/n_s \\ r = -0.33 \quad s = 0.25$$

$$S/D_3 = n_s / (-9.28 + 0.25n_s) \\ r = 0.64 \quad s = 0.88$$

$$T/D_3 = 1.50 + 0.00019n_s \\ r = 0.06 \quad s = 0.22$$

$$U/D_3 = 0.51 - 0.0007n_s \\ r = -0.47 \quad s = 0.10$$

$$V/D_3 = 1.10 + 53.7/n_s \\ r = 0.61 \quad s = 0.19$$

$$Z/D_3 = 2.63 + 33.8/n_s \\ r = 0.21 \quad s = 0.32$$

The figures show that, for increasing values of n_s , the draft tube dimensions and particularly its developed length, related to the S and N values, decrease.

On the other hand, for increasing values of specific speed the ratio k_{s1} between the inlet velocity of the draft tube and the spouting velocity relative to the rated head, increases as shown from curve 2 of Fig. 12, which is obtained according to the statistical curves mentioned previously.

These two facts are in conflict; for a larger k_{s1} and therefore a greater amount of kinetic energy in the draft tube in relation to the potential energy available, the importance of its recovery increases and this would mean enlarging its dimensions. This is another case of technical-economical compromise between the need to increase the draft tube efficiency and to limit its dimensions and the consequent costs of the civil-engineering work involved. With the high specific speeds that accompany the lower heads, the second concept prevails, because of the large dimensions of the runner, even for units of small capacity.

Conclusions

The design of Francis turbines seems to be characterized by two important factors: on one hand there is a remarkable uniformity of design criteria adopted by different manufacturers all over the world, as shown by the limited scattering of the examined data, especially for the runner design; on the other hand great importance is attached to the economic considerations, i.e. the trend to reduce the size of the units, both by increasing the specific speed and by limiting the overall dimensions of the largest compo-

Francis turbines at major hydro schemes

Powerplant	Manufacturer	Year of design	Head (m)	Capacity (MW)	Rotation frequency (rev/min)
Alcosombo	Hitachi	1964	69	158	115.4
Alm	Riva Calzoni	1972	347.9	36.62	750
Alcantara	Neyrpic	1963	97	242.4	115.4
Altagel	Escher Wyss	1963	603	10.3	1500
Ana-Sora	Kvaerner Brug	1968	46	50	150
Angostura	Escher Wyss	1974	300.2	214	129.6
Aswap	LMW	1966	62	180	100
Azumi	Mitsubishi	1969	133.7	110.7	200
Bahama	LMW	1967	237	62	375
Bartusel	KMW	1969	67.4	112.3	146.4
Bia Bend	Dominion	1964	117.6	163.8	—
Boundary	Nohab	1964	76.2	155.17	120
Bratak	LMW	1960	96	217	125
Brommal II	Neyrpic	1969	255	239.7	250
Carora Bassa	Neyrpic	1969	127	465	107
Caroni Macagua I	Voith	1954	45	72.8	—
Cartera	Newport News	1965	106	128	163.6
Cathana	Voith	1967	98.8	101.6	200
Churchill Falls	Neyrpic	1972	312	478	200
Clear Creek	Hitachi	1962	182.6	68.3	225
Corfano	Ansaldo	1964	160.7	15.34	600
Dubrovnik	Neyrpic	1961	290	113.9	300
Duorshak, Wash.	Alfa Chalmers	1944	139	234.4	128.6
Edward Hyatt	Alfa Chalmers	1963	187.4	118.3	200
El Chocón	Boeing	1971	58.4	204.4	88.3
Hendrik Verwoerd	Voith	1972	68.6	102	136.4
Estreito V-VI	Voith	1970	83.3	124.4	132.3
Fadato	Riva Calzoni	1967	107.32	119.9	176.3
Fatehmas Pabliavi	Riva Calzoni	1965	80	26.87	250
Fuaili	Ansaldo	1965	71.5	73.6	163
Furnas	Nohab	1963	94	154.4	150
Glen Canyon	Baldwin	1960	128	115	150
Gokcekapu	Alfa Chalmers	1967	112	103	187.3
Granarivo	Riva Calzoni	1961	101.5	81.7	214.3
Grand Coulee III	Dominion	1973	86.8	603	—
Grand Coulee IV	Alfa Chalmers	1973	87	700	83.7
Grimmel II	Escher Wyss	1974	458	106	750
Guri	Hitachi	1966	173	218.3	129.6
Harspranger V	KMW	1974	103	469	107.1
Hermillon	Neyrpic	1971	163	61.38	333
Iba Solera	Riva-Tosi-Ansaldo	1968	48	194	85.7
Inferalillo	Neyrpic	1961	110	205	163.8
Inga I	Tosi-Ansaldo	1968	51.5	86.2	136.3
Inga II	Escher Wyss	1972	62.5	178	107.1
Jagata	Mitsubishi	1969	48	118	100
Jordan River	Voith	1968	289.5	163	237
Kafue Gorge	Kvaerner Brug	1968	387	154.4	373
Karyamak	Neyrpic	1970	135	137.8	314
Kesikhoppu	Tosi-Ansaldo	1961	41	46.2	125
Kharumi II	LMW	1960	207	36.5	435.5
Kossou Bandama	Riva Calzoni	1969	49.5	48.6	125
Krasnoyarsk	LMW	1964	93	508	93.73
Kromata	Alfa Chalmers	1962	112	96.3	166.6
Langenprozechen	Escher Wyss	1972	258.4	30	300
Langaan	KMW	1972	180	51.6	478
La Suesas	Neyrpic	1970	207	81.6	333
Libby	Alfa Chalmers	1970	91.44	123.3	178.6
Loentach	Escher Wyss	1970	259.3	40.4	750
Lower Tachien	Mitsubishi	1967	295	105.9	360
Maganano	Riva Calzoni	1972	370.3	39.41	128.6
Malpasso	Escher Wyss	1974	95.1	217.8	—
Mangla	Mitsubishi	1967	130.8	148.4	166.7
Manicougan III	Dominion	1976	94.18	197	—
Manumbondo	Neyrpic	1972	72	183	100
Mica	LMW	1975	182.9	444	128.6
Mwanda	Vevey	1957	65	58.8	150
Mitta	KMW	1971	203	98.2	333.3
Monse S. Asprle	Tosi-Ansaldo	1966	201.7	84.2	214.3
Mongiove	Ansaldo	1962	51.6	25	214
Mossy Rock	Nohab	1967	94.3	167.5	178.6
Nakatsugawa I	Voith	1969	410	89	500
Niagara Lewiston	Voith	1958	92	150	120
Nurek	KATBP	1970	230	310	200
Oldan	KMW	1972	252	68.9	500
Outardes III	Dominion	1968	143.5	190	—
Orichella	Tosi	1972	474.4	75.23	670
Paradela	Charnilles	1953	430	55.8	600
Passe Fundo	Mitsubishi	1972	260	112.5	300
Paulo Afonso	Voith	1968	82.3	201	128.5
Pelos	Tosi	1973	124.3	32.85	350
Portak	KMW	1971	59.3	241.2	83.3
Portage Mountain	Mitsubishi	1967	370.3	266	150
Pradella	Escher Wyss	1964	494	75	750
Raja Shah-Kabir	Neyrpic	1970	163	278	166.7
Rio Acaary	Riva Calzoni	1965	100	47	214.3
Rusem	KMW	1973	145	330	166.7
Sales	Voith	1970	263	54.7	500
Salto Osorio	Mitsubishi	1972	72	158	120
Sarelli	Escher Wyss	1973	350.3	49	750
Smith Mountain	Voith	1960	55	135	100
Sirikit	Mitsubishi	1972	84.3	150.8	125
Sodou II	Voith	1971	380	41.2	600
Tepokura	Mitsubishi	1961	118.2	108	167
Tiefencastel II	Escher Wyss	1966	366.6	28.1	750
Tokkeverken	Kvaerner Brug	1961	309	103	250
Tonstad	Kvaerner Brug	1968	430	165.64	375
Tumut 3	Toshiba	1971	161.5	283	187.5
Ust-Jim	LMW	1972	90	245	125
Verbano II	Escher Wyss	1970	284	62.8	500
Veningfloss	Kvaerner Brug	1969	48	38.6	214
Vielas	KMW	1967	67	163	107.1
Vouglant	Vevey	1964	100.2	65	150
Waldeck II	Voith	1970	126.6	220	373
Xavantes	Escher Wyss	1962	73.7	106	128.6
Yainvagforsan	KMW	1973	85	54.4	214.3

In cooperation with: 1. Voith; 2. Crouse-Love and Jeumont-Schneider; 3. SFAC and JS; 4. Crouse-Love, Voith, Mecanica Peneda and Voith Brazil; 5. Marine Industries; 6. Fuji Denki Seizo K.K., Kawasaki; 7. Wilmametz Iron and Steel Company; 8. Althom, Crouse-Love, Escher Wyss, Siemens, and Voith; and 9. BLH.

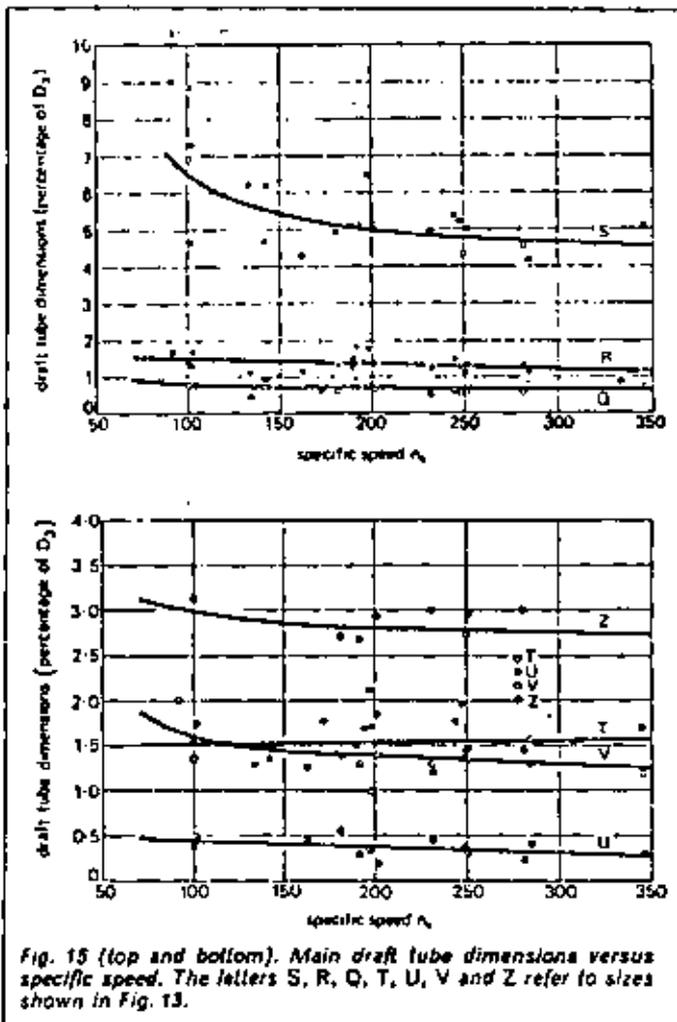


Fig. 15 (top and bottom). Main draft tube dimensions versus specific speed. The letters S, R, Q, T, U, V and Z refer to sizes shown in Fig. 13.

nents which have the greatest influence on the costs of the civil structures.

This would not be possible without adequate and advanced research programmes, refined and up-to-date

technology and improved calculation methods, which allow the operation of the units under more and more severe hydraulic conditions, while at the same time guaranteeing the required reliability. □

References

1. BAUMANN, K. M. J. AND PODLESAK, J. "The Francois turbines of El Infernillo and La Angostura hydroelectric stations in Mexico", *Electr. World News*, 1972, No. 1.
2. SHEGGOLEY, S. "Problems in designing and constructing large turbines" *Water Power*, April 1974, p111.
3. GAMOUS, J. M., KRASNIKOV, M. F. AND BRYZGALOV, V. J. "Operation and design of hydropower equipment for the Krasnoyarsk station" *Water Power & Dam Construction*, January 1975, p21.
4. SIEMENSOHN, R. B. "Trends in U.S. hydro equipment design", *Water Power*, February 1974, p44.
5. "The Aswan high dam", *Water Power*, August 1965, p301.
6. BOHN, M. AND HAMON, M. "The Djatiluhur Project", *Water Power*, August 1967, p305.
7. "The Farahnaz Pahlavi project", *Water Power*, August 1968, p305.
8. BAROCIO, A. J. "Infernillo", *Water Power*, 1965, p198.
9. ROSENSTRUM, S. "Kafue Gorge hydroelectric power project", *Water Power*, July 1972, p237.
10. CLAYDON, J. B. "The Peace River project", *Water Power*, September 1965, p339.
11. LOVELL, L. A., LOWE, J. AND BINGER, W. V. "Tarbela dam construction reaches half-way mark", *Water Power*, October 1972, p355.
12. "Kremasta", *Water Power*, April/May 1967, pp133 and 179.
13. BURNS, D. R. AND MEYERS, J. F. "The 700MW Turbines at Grand Coulee Dam", Canadian Electric Association, Spring Session, Montreal, Canada, March 1974.
14. "260 000 PS Francis turbinen für Kraftwerk Estreito, Brasilien", J. M. Voith GmbH, Heidenheim, Germany.
15. "300 000 PS Francis turbinen für Kraftwerk Paulo Afonso, Brasilien", J. M. Voith GmbH, Heidenheim, Germany.
16. "Turbines Hydrauliques", Energomachexport Moscow, USSR, 1971.
17. "Photographs of 93 500 h.p. Francis turbine for Clear Creek Powerplant", Hitachi Limited, Tokyo, Japan.
18. "Furnas power station, Brazil", Nohab, Trollhättan, Sweden.
19. KOVALEV, N. N. "Hydroturbines", Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem, Israel, 1965.

A complete reference list is available from the authors.



centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam



PLANEACION, DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PRESAS

ANALISIS DE ESTABILIDAD DE UNA CORTINA DE
MATERIALES GRADUADOS POR COMPUTADORA.

ING. JORGE GAMBOA FLORES.
ING. ARTURO AGUILAR SOLORIO.

Marzo, 1980.



1

ANALISIS DE ESTABILIDAD DE UNA CORTINA DE MATERIALES GRADUADOS. POR COMPUTADORA.

I. DATOS QUE REQUIERE EL PROGRAMA

- 1.- Sección máxima de la cortina
- 2.- Niveles del agua
 - NAME (Nivel aguas máximas extraordinarias)
 - Nivel del agua a la cresta del vertedor
 - NOT (Nivel a la obra de toma)
 - Nivel del agua aguas abajo de la cortina.
- 3.- Propiedades de los materiales que van a constituir la cortina (obtenidos de laboratorio)
 - Peso volumétrico seco (γ_d)
 - Peso volumétrico saturado (γ_{sat})
 - Angulo de fricción interna (ϕ)
 - Cohesión (C)
- 4.- Coeficiente Sísmico de la zona en donde se vaya a construir la cortina (obtenido de la Carta Sísmica de la República Mexicana)

II. METODOLOGIA A SEGUIR PARA LA CODIFICACION DEL PROGRAMA.

- 1.- Dibujo de la sección máxima de la cortina en papel milimétrico a una escala conveniente referido a un sistema de coordenadas arbitrario. (ver figura No. 1)
- 2.- Abcisas y Ordenadas de los puntos que definen las líneas de Materiales, en base a la condición que se este analizando (presa vacía o presa llena).

En esta parte se deben definir las líneas que limitan las zonas de materiales de la cortina en base a la condición en que se encuentren, las cuales serán:

- Línea 1.- Línea Superior
- Línea 2.- Enrocamiento seco
- Línea 3.- Rezaga de roca seca
- Línea 4.- Grava y arena seca
- Línea 5.- Enrocamiento sumergido
- Línea 6.- Rezaga de roca sumergida
- Línea 7.- Grava y arena sumergida
- Línea 8.- Corazón impermeable saturado
- Línea 9.- Acarreos de grava y arena sumergida (línea inferior).

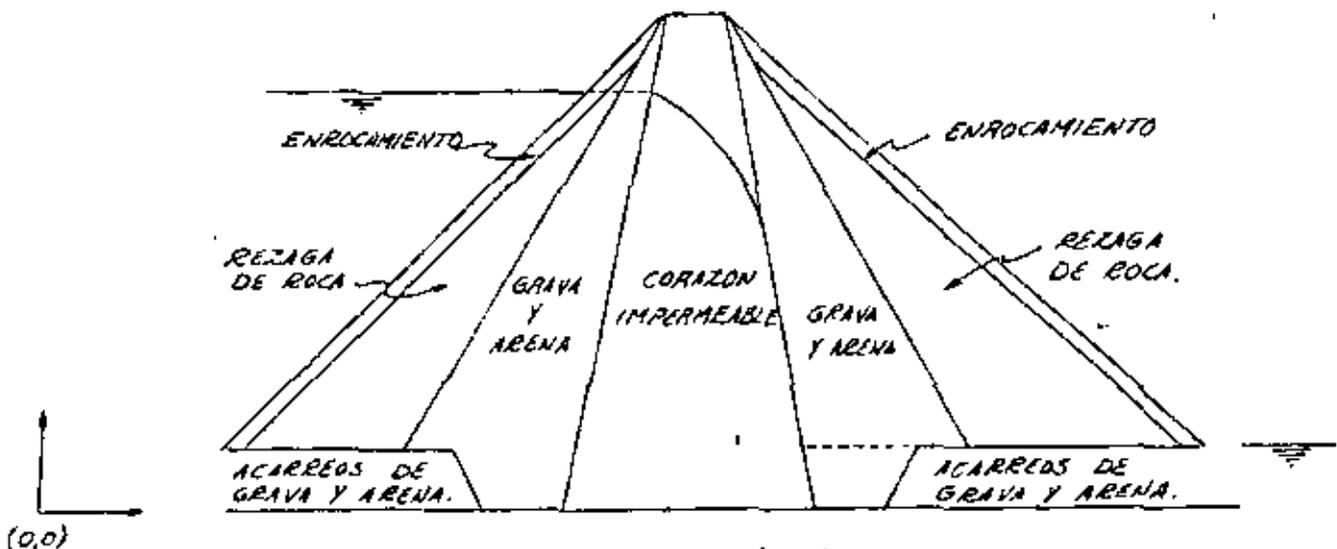


FIGURA No. 1.

Al obtener las líneas de materiales se debe cumplir que:

- a) Las abscisas siempre vayan en orden creciente (no se debe regresar).

Al codificar los datos de las líneas de materiales se debe cumplir que:

a) Todas las líneas deben tener el mismo número de vértices (el vértice final se puede repetir las veces que se requiera para dar el máximo número de vértices.

3.- Matriz de Datos Físicos.

En esta parte se le deben dar al programa las propiedades de los materiales en el mismo orden en que se dieron las líneas de materiales, para lo cual se debe formar la siguiente tabla No. 1:

MATERIAL	PESO VOLUME TRICO.	$C_{inic.}$	$\tan \phi_{inic.}$	$C_{fin.}$	$\tan \phi_{fin.}$
- Enrocamiento Seco	γ_d	-	-	-	-
- Rezaga roca seca	γ_d	-	-	-	-
- Grava y arena seca	γ_d	-	-	-	-
- Enrocamiento sumergido	γ_{sum}	-	-	-	-
- Rezaga roca sumergida	γ_{sum}	-	-	-	-
- Grava y arena sumergida	γ_{sum}	-	-	-	-
- Corazón impermeable saturado	γ_{sat}	-	-	-	-
- Acarreo sumergido	γ_{sum}	-	-	-	-

TABLA No. 1

NOMENCLATURA TABLA:

- γ_d .- Peso volumétrico seco
- γ_{sum} .- " " sumergido ; $\gamma_{sum} = \gamma_{sat} - 1$
- γ_{sat} .- " " saturado
- $C_{inic.}$.- Cohesión inicial
- $C_{fin.}$.- " final
- $\tan \phi_{inic.}$.- tangente del ángulo fricción interna inicial
- $\tan \phi_{fin.}$.- " " " " " final.

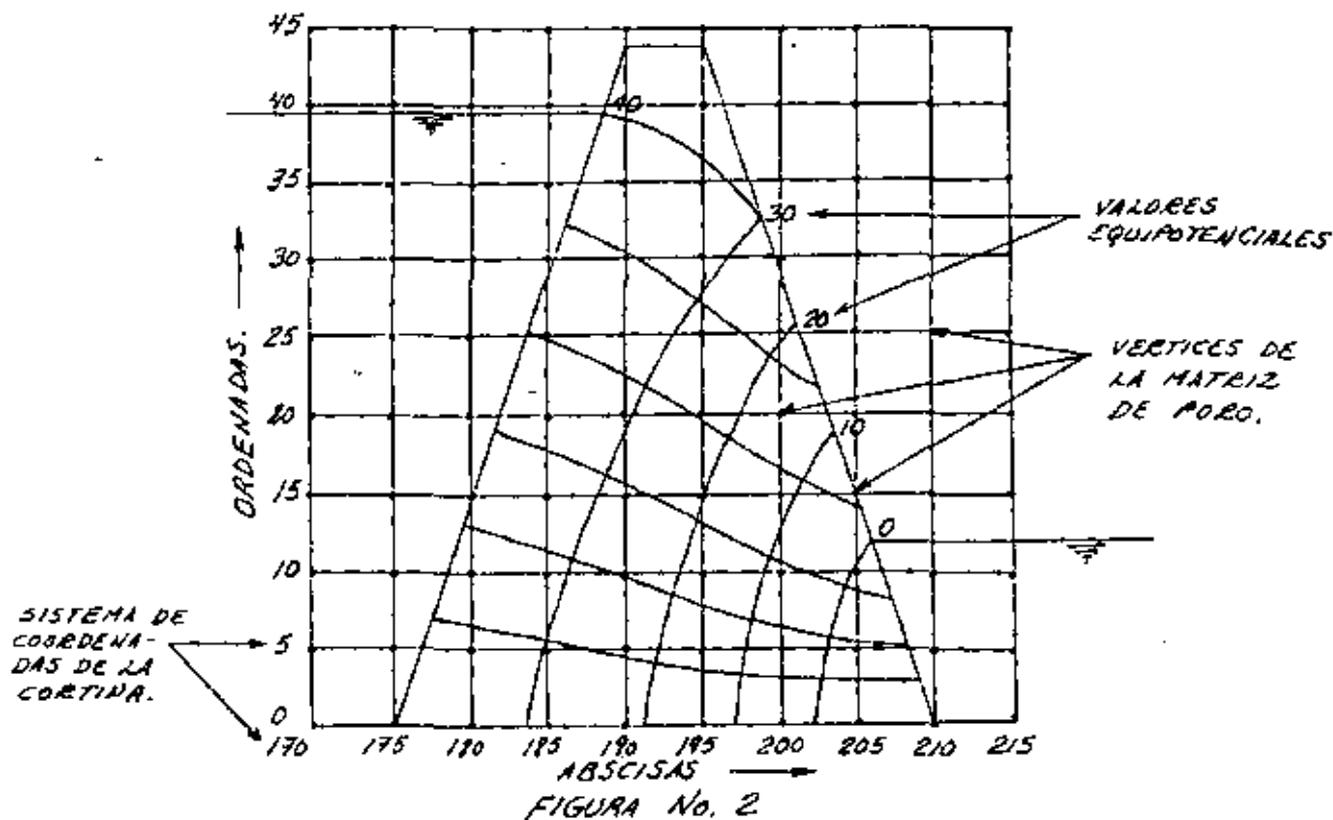
4.- Matriz de Presión de Poro

Esta matriz se forma con la red de flujo del corazón impermeable referido al mismo sistema de coordenadas de la cortina.

Se forma una cuadrícula en toda la zona del corazón impermeable, hasta por arriba del nivel del agua de la condición que se esté analizando, marcando los vértices en cada intersección de la cuadrícula. (Ver figura No. 2)
Para la codificación, los vértices de la cuadrícula deben estar referidos a los valores equipotenciales de la red de flujo. (Ver tabla No. 2)

La matriz debe formarse de abajo hacia arriba y de la izquierda a la derecha. (Ver figura No. 2)

Los vértices que se encuentren fuera de la línea de flujo superior o de la zona del corazón impermeable se deben llenar con ceros. (Ver tabla No. 2)



Una vez formada la matriz se hace la siguiente tabla No. 2 para obtener los datos de la codificación, la cual a manera de ejemplo se tienen los primeros renglones en base a los valores de la figura No. 2 :

	ABSCISAS									
	170	175	180	185	190	195	200	205	210	215
0	0	40	34	28	22	13	4	0	0	0
5	0	0	36	30	23	14	6	0	0	0
10	0	0	38	32	25	18	8	0	0	0
15	0	0	40	34	28	20	12	5	0	0
20										
25										
30										
35										
40										
45										

TABLA No. 2

5.- Zona de Centros de los Circulos.

Finalmente se dara la zona de centros de los circulos que se quiere que analice el programa, tanto para aguas arriba como para aguas abajo.

Se deben proporcionar los siguientes datos:

- Abscisa inicial y final de la zona de centros referida al sistema de coordenadas de la cortina.
- Ordenada inicial y final de la zona de centros referida al sistema de coordenadas de la cortina.
- Espaciamiento horizontal y vertical de la zona de centros (normalmente 10 m)
- Incremento del radio en cada punto de la zona de centros

desde la cimentación del corazón hasta la parte superior de la corona de la cortina (normalmente 5m)

- Tangente del ángulo de la zona de centros con la vertical (siempre se utiliza $45^\circ \rightarrow \tan 45^\circ = 1.0$)

Todo la información anterior se ve claramente en la figura No. 3 :

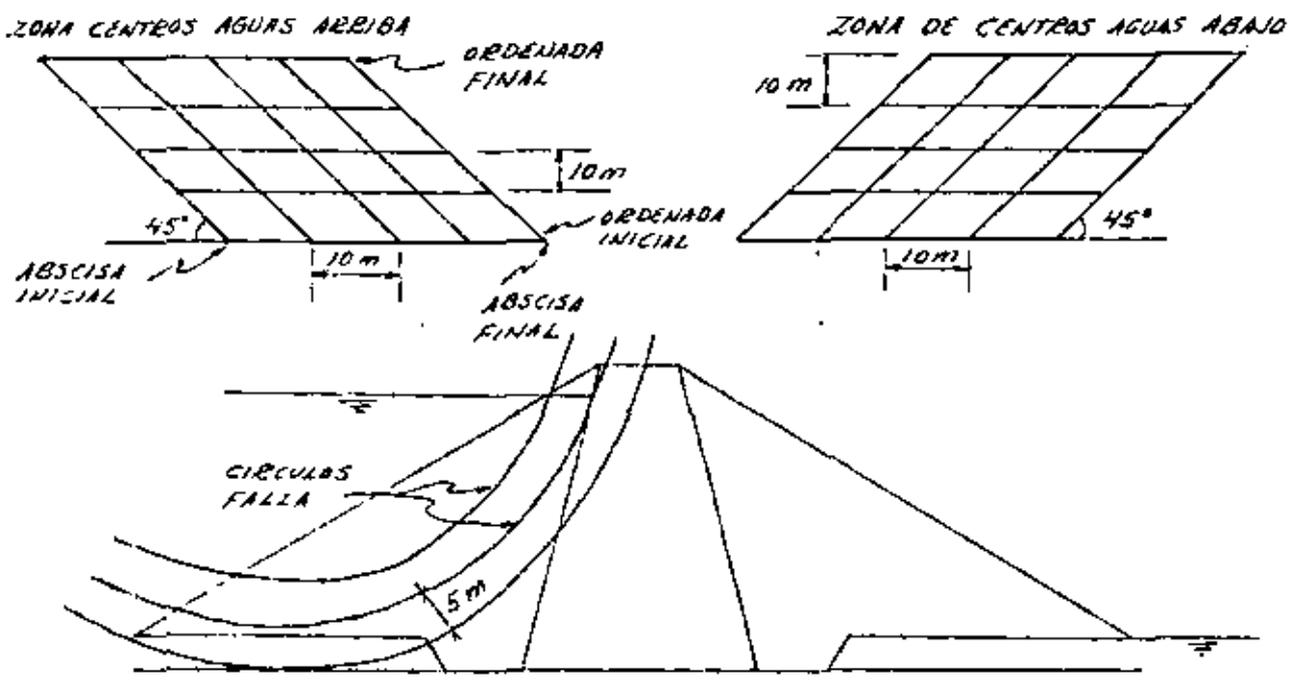


FIGURA No. 3.

6.- Resultados del programa de estabilidad.

El programa nos proporciona todos los valores del factor de seguridad de todos los círculos analizados y un resumen de los círculos críticos con sus factores de seguridad, los cuales resultan ser los mínimos.

El programa nos proporciona los resultados de las condiciones analizadas ya sea para presa llena o vacía. Nos da los valores para el talud aguas arriba y abajo para las condiciones iniciales y finales, sin o con sismo.

7

Los resultados los presenta en un listado con los siguientes datos :

ABSCISA ZONA DE CENTROS DEL CIR- CULO. (X_c)	ORDENADA ZONA DE CENTROS DEL CIRCULO (Y_c)	RADIO DEL CIRCULO (R)	FACTOR DE SEGURIDAD ($F.S.$)
--	--	---------------------------------	--------------------------------------

Los círculos con factores de seguridad mínimos deben verificarse a mano por el método gráfico modificado de May.

Los valores de los factores de seguridad mínimos para todas las condiciones analizadas deben compararse con los valores mínimos aceptables por la S.A.R.H., los cuales se presentan en la tabla No. 3 que se anexa a continuación.

Así mismo se anexan las hojas de codificación del programa. Los datos adicionales que requiere el programa se presentan en las hojas, los cuales basta con seguir las indicaciones que aparecen en las mismas y con las bases que se han mencionado.

Finalmente se debe hacer un plano donde se muestre la sección de la cortina, los círculos con los factores de seguridad mínimos para todas las condiciones analizadas, una tabla de las propiedades de los materiales y una tabla resumen con las coordenadas, radio y factor de seguridad de los círculos.

CONDICIONES DE ANALISIS DE ESTABILIDAD.

TALUD AGUAS ARRIBA								
	PRESA VACIA				PRESA LLENA *			
	CONDICIONES INICIALES		CONDICIONES FINALES		CONDICIONES INICIALES *		CONDICIONES FINALES *	
	SIN SISMO	CON SISMO	VACADO RAPIDO	CON SISMO	SIN SISMO *	CON SISMO *	SIN SISMO *	CON SISMO *
F.S. MINIMO ACEPTABLE POR S.A.R.H.	1.10	1.00	1.25	1.25	1.50	1.30	1.45	1.10
F.S. MINIMO OBTENIDO								
Xc								
Yc								
R								

TALUD AGUAS ABAJO								
	PRESA VACIA *				PRESA LLENA			
	CONDICIONES INICIALES *		CONDICIONES FINALES *		CONDICIONES INICIALES		CONDICIONES FINALES	
	SIN SISMO *	CON SISMO *	SIN SISMO *	CON SISMO *	SIN SISMO	CON SISMO	SIN SISMO	CON SISMO
F.S. MINIMO ACEPTABLE POR S.A.R.H.	1.35	1.15	1.50	1.30	1.50	1.20	1.45	1.30
F.S. MINIMO OBTENIDO								
Xc								
Yc								
R								

TABLA No. 3.

* El criterio de análisis del Departamento de Ingeniería Experimental no incluye estas condiciones en el análisis de estabilidad, en cualquier forma el programa de computadora de la S.A.R.H. proporciona los datos. Los valores de los factores de seguridad mínimos obtenidos con sus datos (Xc, Yc y R) se presentan en el informe en la forma en que se indica en la tabla No. 3.

S.R.H.

ESTABILIDAD DE TALUDES

TITULO DE LA CORTINA

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

ABSCISAS DE LA CUADRICULA DE LA RED DE FLUJO

ORDENADAS DE LA CUADRICULA DE LA RED DE FLUJO

POSICION DEL PUNTO DONDE SE INICIA LA SECCION

POSICION DEL PUNTO DONDE SE TERMINA LA SECCION

TITULO DE LA ZONA DE CENTROS DONDE SE VA A TRABAJAR

ABSCISA INICIAL DE LA ZONA DE CENTROS	ABSCISA FINAL DE LA ZONA DE CENTROS	ORDENADA INICIAL DE LA ZONA DE CENTROS	ORDENADA FINAL DE LA ZONA DE CENTROS	ESPACIAMIENTO HORIZONTAL DE LA ZONA DE CENTROS	ESPACIAMIENTO VERTICAL DE LA ZONA DE CENTROS	INCREMENTO EN LA ORDENADA POR UN ESPACIAMIENTO DE LA ZONA DE CENTROS	TANGENTE DEL ANGULO DE LA ZONA DE CENTROS CON LA VERTICAL	COMPONENTE DE ACCELERACION DEL SISMO
---------------------------------------	-------------------------------------	--	--------------------------------------	--	--	--	---	--------------------------------------

TENDENCIA INFERIOR

TENDENCIA SUPERIOR

INDICAR LA ZONA EN LA CUAL SE QUIEREN ANALIZAR LOS CIRCULOS

INDICE PARA SABER SI HAY MAS DATOS POR ANALIZAR DE LA MISMA SECCION O NO

TITULO DE LA ZONA DE CENTROS DONDE SE VA A TRABAJAR

ABSCISA INICIAL DE LA ZONA DE CENTROS	ABSCISA FINAL DE LA ZONA DE CENTROS	ORDENADA INICIAL DE LA ZONA DE CENTROS	ORDENADA FINAL DE LA ZONA DE CENTROS	ESPACIAMIENTO HORIZONTAL DE LA ZONA DE CENTROS	ESPACIAMIENTO VERTICAL DE LA ZONA DE CENTROS	INCREMENTO EN LA ORDENADA POR UN ESPACIAMIENTO DE LA ZONA DE CENTROS	TANGENTE DEL ANGULO DE LA ZONA DE CENTROS CON LA VERTICAL	COMPONENTE DE ACCELERACION DEL SISMO
---------------------------------------	-------------------------------------	--	--------------------------------------	--	--	--	---	--------------------------------------

TENDENCIA INFERIOR

TENDENCIA SUPERIOR

INDICAR LA ZONA EN LA CUAL SE QUIEREN ANALIZAR LOS CIRCULOS

INDICE PARA SABER SI HAY MAS DATOS POR ANALIZAR DE LA MISMA SECCION O NO

C.S. Negativa para igual agua arriba

T.G. Negativa para igual agua arriba



centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam



PLANEACION, DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PRESAS

ANALISIS DE ESTABILIDAD POR LE METODO DEL
CIRCULO DE DESLIZAMIENTO (MODIFICACION -
DE MAY).

ING. JORGE GAMBOA FLORES.
ING. ARTURO AGUILAR SOLORIO.

Marzo, 1980.

APENDICE A

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR EL METODO DEL CIRCULO DE DESLIZAMIENTO

MODIFICACION DE MAY AL METODO DEL CIRCULO DE DESLIZAMIENTO 1/

1. Descripción general. El método sueco de análisis o método del círculo de deslizamiento 2/ se basa en suponer que son cilíndricas las superficies de falla de los taludes de tierra. En este método, la tajada de mínima estabilidad entre varias, se encuentra comparando en cada caso la potencialidad de corte, con la resistencia del material al corte, a lo largo de la superficie probable de falla. La razón de la resistencia cortante total a la fuerza cortante total en dicha superficie cilíndrica, se puede designar como el factor de seguridad en contra del deslizamiento.

Los cálculos se efectúan gráficamente en general en una sección de la superficie cilíndrica que se considera. En la figura A.1, se muestra una sección típica con la construcción gráfica que se emplea para determinar las fuerzas que obran en un elemento y también la notación empleada en esta discusión.

La fuerza de la gravedad W , que obra verticalmente hacia abajo por el centro de gravedad del elemento \overline{ABCD} , es igual al peso del elemento. Las fuerzas que equilibran a W son la resistencia al corte tangencial al arco y la presión normal al arco, que obran en el punto de intersección de W con dicho arco.

Estas fuerzas se determinan completando el triángulo de fuerzas que tiene un lado vertical con dos líneas de direcciones normal y tangencial al arco.

El mismo proceso se aplica a los otros elementos hasta cubrir comple-

1/ Aplicación del planímetro al método sueco: "Application of the Planimeter to the Swedish Method of Analyzing the Stability of Earth Slopes" por David R. May. Memorias del segundo congreso de Grandes Presas, Washington D.C. Vol. IV, 1936, p.540. Esta parte I del Apéndice A es copia del documento del Sr.May.

2/ La mecánica de la falla de taludes: "The Mechanics of Shear Failure on Clay Slopes and the Creep of Retaining Walls", por Karl Terzaghi. Public Roads, Vol. 10, No.10, Diciembre 1939.

El cálculo de empujes de tierra: "Erdstatische Berechnungen", por W. Fellenius, Wilhelm Ernst und Sohn, Berlín, 1937.

APENDICE A--ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR EL M. DEL C. DE D.

(1)

tamente el área que está arriba del arco. La suma de las fuerzas T es igual al valor de la resistencia total al corte, que se necesita para prevenir una falla por deslizamiento a lo largo del arco. Por lo tanto, la resistencia total del material al corte a lo largo del arco debe ser igual o mayor que dicho valor, bajo cualquier condición en que se encuentre dicho material.

La resistencia total al corte se determina por la ecuación de Coulomb,

$$T = C + N \tan \phi$$

donde T = la resistencia total al corte

C = la cohesión total a lo largo del arco

N = el total de la presión normal en el arco (corregida por subpresión), y

$\tan \phi$ = al coeficiente de fricción interna del material.

Los cálculos por el método anterior, usando elementos finitos, aún cuando no son difíciles, necesitan de la tediosa determinación de los centros de gravedad de áreas de forma irregular. El procedimiento que se describe enseguida, elimina este obstáculo y resulta en mayor simplificación de la solución para IT y IN .

Supongamos que el ancho del elemento $ABCD$ de la figura A.1 (a) se reduce a un ancho dx , como se muestra en la figura A.1 (b). El peso de este elemento es $w \cdot h \cdot dx$, donde w es el peso unitario del material. Las expresiones T y N se convierten entonces en $w/t \cdot dx$ y en $w/n \cdot dx$.

Los valores de t se calculan para varios puntos del arco y se dibujan como ordenadas en la figura (c), cuyos extremos se conectan con una curva continua.

El área entre esta curva y el eje X es igual a $\int t \cdot dx$, y se puede obtener con planímetro. La fuerza cortante total $w/t \cdot dx$ se encuentra fácilmente multiplicando el valor obtenido por el peso volumétrico del material. Para encontrar el valor total de la presión normal $w/n \cdot dx$, se puede dibujar una curva similar usando las componentes n , como se muestra en la figura A.1 (d).

El efecto del agua de percolación se puede tratar del mismo modo. Los valores de la fuerza total de corte y del total de la presión

APENDICE A--ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR EL M. DEL C. DE D.

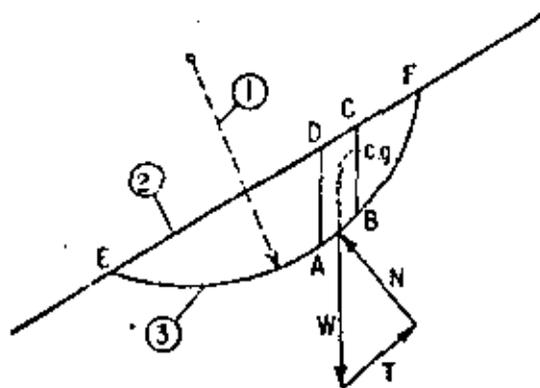
(1)

normal se encuentran usando el peso del material saturado. La subpresión debida a las presiones hidrostáticas, como es siempre normal al arco, no altera el total de las fuerzas de corte. Sin embargo, la subpresión reduce la presión normal que existe entre las partículas del suelo en una cantidad igual a la presión hidrostática que transmite el agua a través del arco. Esto disminuye en consecuencia el valor de la fricción, que depende de la presión normal resultante.

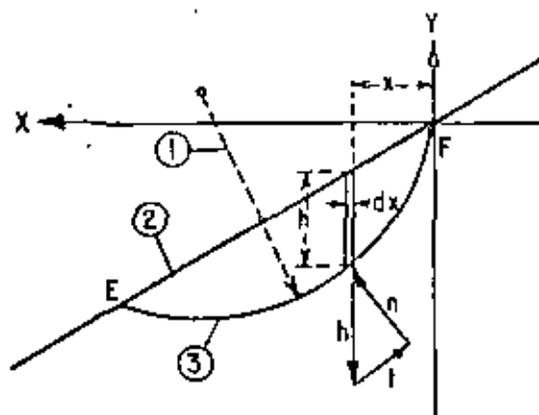
El valor actual de la presión hidrostática se debe determinar a partir de las condiciones del flujo al través del terraplén. Este asunto es muy extenso en sí mismo, y no se discute aquí. El valor total de la subpresión es $\int p \cdot ds$, en donde p es el valor de la presión hidrostática que obra en un arco de longitud ds .

Para integrar esta expresión con el planímetro, es conveniente trabajar con dx en lugar de ds . En la figura A.1 (e), p es la presión hidrostática en el punto A y se puede imaginar que es la componente normal de una presión vertical hipotética p_y . Como $p_y \cdot dx$ es igual a $p \cdot ds$, la transformación para usar dx se efectúa fácilmente. Entonces se encuentran los valores de p_y para distintos puntos del arco, y se dibujan como ordenadas de una curva cuya área es igual a la subpresión $\int p \cdot ds$. Antes de resolver el valor total de la resistencia al corte a lo largo del arco, el valor de la subpresión se resta del valor total de la presión normal que fue determinada con los pesos del material saturado.

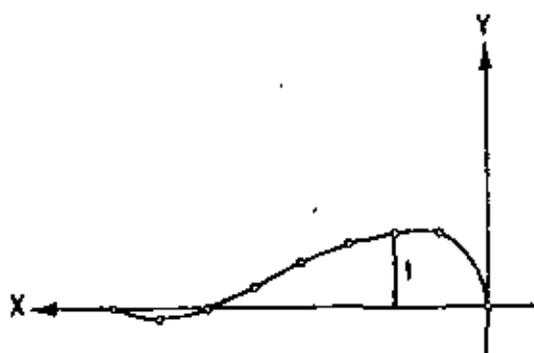
Solamente se ha descrito la aplicación más sencilla. Sin embargo, se pueden usar los mismos métodos generales ventajosamente en casos más complicados, como en aquellos que tienen secciones con formas irregulares y además presión de agua sobre el talud. Las curvas de la mayoría de los casos se dibujan fácilmente, y además de facilitar los cálculos, dan una buena indicación de las distribuciones de las fuerzas que resultan de las hipótesis que se usan en el método sueco, o del círculo de deslizamiento.



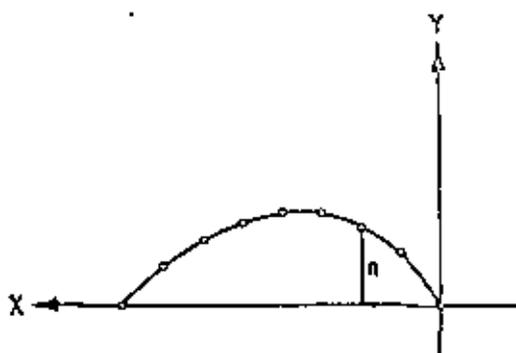
(a)



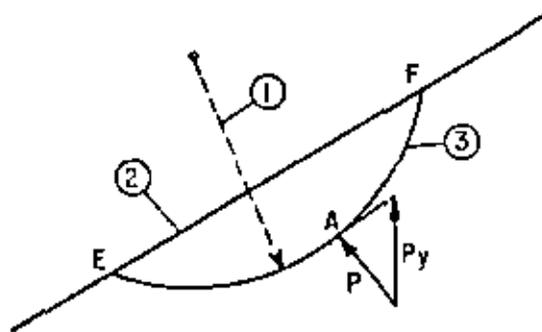
(b)



(c)



(d)



(e)

EXPLICACION

- ① = Radio del arco
- ② = Caro del terraplén
- ③ = Arco de prueba
- c.g. = Centro de gravedad

APENDICE A

ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR EL MÉTODO DEL CÍRCULO DE DESLIZAMIENTO

EXPLICACION DE DAHN DEL MÉTODO MODIFICADO DEL CÍRCULO DE
DESGLIZAMIENTO

2. Introducción. El objeto de esta nota no es discutir la teoría del análisis de estabilidad por el método modificado del círculo de deslizamiento, sino explicar su solución gráfica. Los pasos respectivos en la solución se explican cuando es necesario.

Las diferencias principales entre el método modificado del círculo de deslizamiento según ha sido ideado por D.R. May y el método sueco original ideado por Fellenius son: (1) que el método modificado usa el planímetro para medir áreas de fuerzas en lugar de medir a escala una multitud de incrementos y (2) que el método modificado toma en consideración el factor adicional de la subpresión o presión de poro.

3. Métodos gráficos. Los métodos gráficos que se usan para determinar los valores que hay que substituir en la siguiente ecuación para calcular la estabilidad, se presentan en los siguientes párrafos.

3.1 Factor de seguridad. El factor de seguridad es igual a la cohesión más el producto de la tangente del ángulo de fricción interna por la diferencia entre la suma de las fuerzas normales y la suma de las presiones de poro, todo esto dividido entre el total de las fuerzas tangenciales. La expresión algebraica de lo anterior es la siguiente

$$\text{Factor de seguridad} = \frac{C + (E N - E P.P.) \tan \phi}{E T}$$

E T

3.2 Resolución del peso del material que obra sobre el círculo de deslizamiento. La sección particular que se considera debe ser dibujada a escala en primer lugar. En seguida, se escoge un radio de prueba para el círculo de deslizamiento, para condiciones de frontera arbitrariamente escogidas en la sección y se dibuja el círculo. El radio del círculo crítico para las condiciones de frontera dadas es asunto de práctica y de buen criterio, y no resultará ser el mismo para

APENDICE A--ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR EL M. DEL C. DE D.

(3.2)

dos secciones diferentes. Por la ecuación anterior se puede ver que el círculo crítico será aquel que incluya la máxima presión de poro y también una combinación equilibrante de fuerzas normales y tangenciales para producir el factor de seguridad más bajo. Se debe notar que la fuerza retentiva debida a la cohesión es relativamente insignificante cuando se compara con la fuerza normal total que actúa sobre la circunferencia de deslizamiento, y también que pequeñas variaciones en los valores de tangente ϕ para los materiales de las respectivas zonas, no afectan grandemente al factor de seguridad. En seguida, el área entre la circunferencia de deslizamiento y la línea del talud que se considera, se divide en pequeñas áreas, dibujando líneas de construcción verticales a intervalos a través de la sección, tomando ventaja de los quiebres del talud y de otras condiciones limitadoras como se muestra en la figura A.2. En seguida se dibujan radios desde el centro del círculo de deslizamiento a los puntos en donde las líneas verticales de construcción intersecan la circunferencia de deslizamiento.

Para descomponer la fuerza vertical del peso de los materiales que obra sobre la circunferencia de deslizamiento en componentes normales y tangenciales a la circunferencia, el espesor vertical del material se proyecta sobre el radio correspondiente como se muestra en la figura A.3. La proyección de este espesor sobre el radio equivale a la fuerza normal componente N , que obra sobre la circunferencia en el punto que se considera y que tiende a mantener el material en su lugar. Del mismo modo, la longitud de la proyección sobre una línea normal al radio es el valor de la componente tangencial T , o sea la fuerza que tiende a causar el deslizamiento. Para facilitar el uso del planímetro para medir el área de fuerzas, la fuerza normal N , que se proyectó en el radio, se hace girar hacia la vertical como se muestra en el detalle del dibujo intercalado en la figura A.4. La componente tangencial T se dibuja también sobre la misma vertical, como se muestra en la misma figura. En seguida, conectando los extremos consecutivos de N y de T con líneas rectas, las áreas que se forman entre estas líneas y la circunferencia de la figura A.4 se pueden planimetrar.

3.3 Determinación de la presión de poro. En el análisis del círculo de deslizamiento la presión de poro, o subpresión, obra normalmente a la cir

APENDICE A--ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR EL M. DEL C. DE D.

(3.3)

circunferencia y reduce en efecto la fuerza normal N , que es la componente del peso del material normal a la circunferencia. En consecuencia, se oponen las áreas del diagrama de fuerzas normales y del diagrama de fuerzas de subpresión. Las presiones de poro se pueden dar en kg/cm^2 o en metros de columna de agua, pero como el peso de la columna de suelo se consideró en metros de espesor, es conveniente representar la presión de poro en metros de columna de agua.

Si se trata de hacer el análisis de estabilidad de una presa ya terminada, en la que se han hecho observaciones por medio de instrumentos de prueba, se deben usar los registros de las presiones de poro observadas. Si se trata en cambio de una presa que está en la etapa de diseño, la distribución de la presión de poro se debe suponer. Se pueden hacer varias suposiciones para la presión de poro. Para fines ilustrativos nos concretaremos solamente a dos: (1) se supone que la presión de poro se determina por medio de la red de flujo, para la condición crítica de la presa que corresponde a un descenso rápido del embalse, o bien, para la condición crítica de flujo permanente; o (2) se supone que la presión de poro es una función del espesor del material impermeable que actúa sobre la circunferencia de deslizamiento. Ambos métodos se tratan de la misma manera en el análisis del método modificado del círculo de deslizamiento, es decir, las fuerzas son normales a la circunferencia. Para facilitar esta explicación, se seguirá la segunda suposición.

Como se supone que la presión de poro equivale a una columna de agua proporcional al espesor de material impermeable, que descansa sobre la superficie de deslizamiento, la presión se debe dibujar a lo largo del radio. Por ejemplo, en la figura A.5 se supone que la presión de poro es igual a 1.25 veces el espesor del material impermeable. El primer paso para resolver el problema es hacer girar esta longitud vertical hacia el radio que es la dirección en la cual actúa la presión de poro.

Para obtener gráficamente el valor de la presión de poro conforme a la hipótesis que se hubiera hecho, el espesor vertical que se hizo girar fué considerado como una línea, pero ya se ha explicado en párrafos anteriores, que la presión de poro es una fuerza que obra en el área de la superficie de deslizamiento, y no una fuerza que obra en un punto. Para medir el valor de esta fuerza por medio del planímetro y obtener

APENDICE A--ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR EL M. DEL C. DE D.

(3.3)

el área verdadera, esta longitud que representa la presión de poro se debe proyectar sobre la vertical por medio de una perpendicular al radio, como se muestra en la figura A.6.

Un caso análogo se ilustra en una de las figuras intercaladas en la figura A.6, donde es evidente que las áreas ABED y BCGF se traslapan. Para obtener un área equivalente BCGF que se pueda medir con el planímetro, las dos áreas se deben colocar una al lado de la otra. Esto se puede efectuar si se dibuja la proyección horizontal de la base oblicua BC. Entonces como la proyección horizontal BC' es menor que BC, la altura vertical se debe aumentar para obtener la misma área que tiene BCGF. Proyectando por medio de la perpendicular a BF por el punto F, hasta cortar la prolongación de la línea vertical BE, se obtiene la nueva área -- BC'G'F', que es equivalente a BCGF.

Cuando la base BC se acerca a la vertical, la proyección horizontal BC' será menor. Entonces para obtener una área equivalente, la altura del área BC'G'F' se debe aumentar en forma correspondiente como se ha indicado. En esta forma, la longitud final de la línea que representa la presión de poro, después de proyectarla sobre la vertical, es en realidad la magnitud de la presión de poro que se había dibujado originalmente en el radio, multiplicada por la secante del ángulo formado por el radio y la vertical. El área comprendida entre la línea que limita las verticales de la presión de poro y la circunferencia, como se muestra en la figura A.6 representa el valor de la presión de poro que actúa normalmente sobre la circunferencia de deslizamiento.

4. Procedimiento general. Después de la obtención gráfica de las áreas de fuerza, esas áreas se miden por medio del planímetro y se expresan en metros cuadrados. Esto es posible porque el dibujo se hizo a escala. Entonces, si se supone que la sección corresponde a una tajada de un metro de ancho, medido perpendicularmente al dibujo, se obtienen unidades en metros cúbicos. En consecuencia, los volúmenes que resultan se multiplican por los pesos volumétricos de los respectivos materiales (agua 1 000 kg/m³, arcilla 2 083 kg/m³, etc.) y se obtiene la suma de las fuerzas normales y de las tangenciales que actúan sobre la circunferencia de deslizamiento.

El valor unitario de la cohesión se obtiene de los experimentos de laboratorio y puede variar desde 0 para materiales como roca o arena, hasta

APENDICE A--ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR EL M. DEL C. DE D.

(4)

valores tan altos como 2 000 kg/m² para material impermeable saturado y hasta 10 000 kg/m² para material impermeable no saturado. Midiendo la longitud de la circunferencia que pasa por el material que tiene propiedades cohesivas, el valor de la cohesión total para una tajada de un metro de ancho a lo largo de la superficie de deslizamiento se puede calcular.

Cuando se conocen ya todas las fuerzas que actúan sobre la circunferencia de deslizamiento, los valores respectivos se pueden substituir en la ecuación del factor de seguridad:

$$F.S. = \frac{C + \tan \phi (EM - EP. P.)}{ET}$$

El factor de seguridad que resulta de esta ecuación es en realidad la razón de la fuerza resistiva dividida por la tendencia a deslizarse.

Para obtener resultados precisos en el cálculo del factor de seguridad de una presa, el valor de resistencia al esfuerzo cortante se debe obtener en el laboratorio con la máquina de compresión triaxial. Para los fines del ejemplo numérico que a continuación se describe, se acepta para el cálculo del factor de seguridad que tangente phi es igual a 0.7 para todos los materiales que corta la circunferencia de deslizamiento.

5. Ejemplo--Estimación del factor de seguridad para una presa de tierra. Para el ejemplo que se anota a continuación, las construcciones gráficas mostradas en las figuras A.2 a A.6 inclusive, se reúnen en la figura A.7 para calcular el factor de seguridad de una presa de tierra. Se aceptaron las siguientes hipótesis para valores de los pesos volumétricos de los materiales:

(a) Pesos de los materiales:

agua = 1 000 kg/m³

núcleo de arcilla = 2 083 kg/m³

(b) Cohesión:

3 900 kg/m²

(c) Tangente phi:

0.7

APENDICE A--ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR EL M. DEL C. DE D.

(5)

(d) Presión de poro:

1.25 veces el espesor del material impermeable que descansa sobre la circunferencia de deslizamiento.

(e) Nivel del vaso:

Vaso vacío.

Las áreas planimetradas dan los siguientes valores:

Constante del planímetro: una división 0001 de la carátula = 0.10 cm²Un cm² del dibujo = 6 X 6 = 36 m²

	Concepto	Carátula	cm ²	m ²
(Esp. X 1.25)	Presión de poro	0692	69.2	2490
	Arcilla normal	0426	42.6	1533
	Arcilla, tangencial	0137	13.7	492

(a) Presión de poro:

$$1\ 000 \times 2\ 490 = 2\ 490\ 000\ \text{kg}$$

(b) Fuerza normal:

$$\text{Arcilla} = 2\ 083 \times 1\ 533 = 3\ 193\ 239\ \text{kg}$$

(c) Fuerza tangencial:

$$\text{Arcilla} = 2\ 083 \times 492 = 1\ 024\ 836\ \text{kg}$$

(d) Cohesión, 3 900 kg/m²

$$3\ 900 \times 115 = 448\ 500\ \text{kg}$$

(e) Factor de seguridad:

$$F.S. = \frac{C + 0.7 (EN - EP. P.)}{ET}$$

$$= \frac{448\ 500 + 0.7 (3\ 193\ 239 - 2\ 490\ 000)}{1\ 024\ 836}$$

$$= 0.92$$

Se puede ver que el factor de seguridad de 0.92 que resulta, indicaría la falla de la presa bajo las hipótesis que se hicieron. Se debe tomar en cuenta que el ejemplo es solamente ilustrativo y que el valor supuesto para la presión de poro es relativamente alto.

6. Cálculo detallado.--Resolución de los pesos de los materiales de las

APENDICE A--ANALISIS DE ESTABILIDAD POR EL M. DEL C. DE D.

(6)

zonas. Si se trata de la sección de una presa de tierra zonificada, las líneas de las zonas respectivas se pueden analizar en forma semejante al del ejemplo que se acaba de presentar. Dicha sección se muestra en la figura A.8. El procedimiento que se usó para resolver los pesos de los materiales sobre el círculo de deslizamiento se explicó en la sección 3.2. El procedimiento que se sigue en este caso es una repetición del procedimiento anterior para cada una de las zonas. La figura A.9 ilustra los primeros pasos que se deben dar en la resolución de las componentes normales y tangenciales, pero por claridad no se muestra la transferencia de regreso a la vertical en la figurita intercalada. Después de proyectar las líneas de talud respectivas sobre el radio, las componentes normales medidas sobre las líneas radiales se hacen girar regresándolas a la vertical, y las componentes tangenciales se transfieren a la vertical como se hizo en la figura A.4. Para explicar mejor como se obtienen los resultados, a continuación se enumeran las áreas limitadas por las líneas gruesas y por la circunferencia de deslizamiento de la figura A.9. El área comprendida entre las dos líneas gruesas superiores representa la fuerza de la zona de roca que actúa normalmente a la circunferencia de deslizamiento. El área comprendida entre las dos líneas gruesas del fondo corresponde a la fuerza normal de la zona semipermeable. Finalmente, el área comprendida entre la línea gruesa del fondo y la circunferencia de deslizamiento, corresponde a la fuerza normal del material del núcleo. En forma semejante, las áreas comprendidas entre las líneas de trazos gruesos representan las fuerzas tangenciales para las tres zonas de material.

Al igual que en el caso anterior y como se ha descrito en la sección 3.3, la presión de poro se ha supuesto en función del espesor del material impermeable que se encuentra encima de la circunferencia de deslizamiento.

En la sección compuesta de la presa zonificada que se muestra en la figura A.8, el talud de aguas arriba del núcleo impermeable es de 1.25:1. En este ejemplo se supone, como en el anterior, que la presión de poro es 1.25 veces el valor del espesor del material impermeable que descansa sobre la circunferencia de deslizamiento. La presión de poro entonces se resuelve como está ilustrado en la figura A.10. El área que

APENDICE A--ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR EL M. DEL C. DE D.

(6)

resulta de esta resolución, es decir, la que está comprendida entre las líneas de trazos gruesos y la circunferencia de deslizamiento, representa el área de fuerza causada por la presión de poro o sea que corresponde al valor de la subpresión.

La figura A.11 se incluye para mostrar el análisis gráfico completo reuniendo las figuras anteriores para la sección de presa zonificada mostrada en la figura A.8.

Las hipótesis que se usaron para los cálculos del ejemplo anterior se deben suplementar con los siguientes datos:

1. Peso del material de la zona 2 = 1 760 kg/m³
2. Peso del relleno de roca = 1 600 kg/m³

Considerando iguales los demás datos, planimetrando las áreas de la figura A.11, se obtiene:

Concepto	Carátula	cm ²	m ²
(Esp. X 1.25) Presión de poro	0317	31.7	1143
Zona No. 1, normal	0161	16.1	579
Zona No. 1, tangencial	0110	11.0	397
Zona No. 2, normal	0127	12.7	456
Zona No. 2, tangencial	0024	2.4	88
Zona No. 3, normal	0154	15.4	556
Zona No. 3, tangencial	0007	.07	26

(a) Presión de poro:

$$1\ 000 \times 1\ 143 = 1\ 143\ 000$$

(b) Fuerza normal:

$$\text{Zona No. 1} = 2\ 083 \times 579 = 1\ 206\ 057$$

$$\text{Zona No. 2} = 1\ 760 \times 456 = 802\ 560$$

$$\text{Zona No. 3} = 1\ 600 \times 556 = 889\ 600$$

$$2\ 898\ 217\ \text{kg}$$

(c) Fuerza tangencial:

$$\text{Zona No. 1} = 2\ 083 \times 397 = 826\ 951$$

$$\text{Zona No. 2} = 1\ 760 \times 88 = 154\ 880$$

$$\text{Zona No. 3} = 1\ 600 \times 26 = 41\ 600$$

$$1\ 023\ 431\ \text{kg}$$

APENDICE A--ANÁLISIS DE ESTABILIDAD POR EL M. DEL C. DE D.

(6)

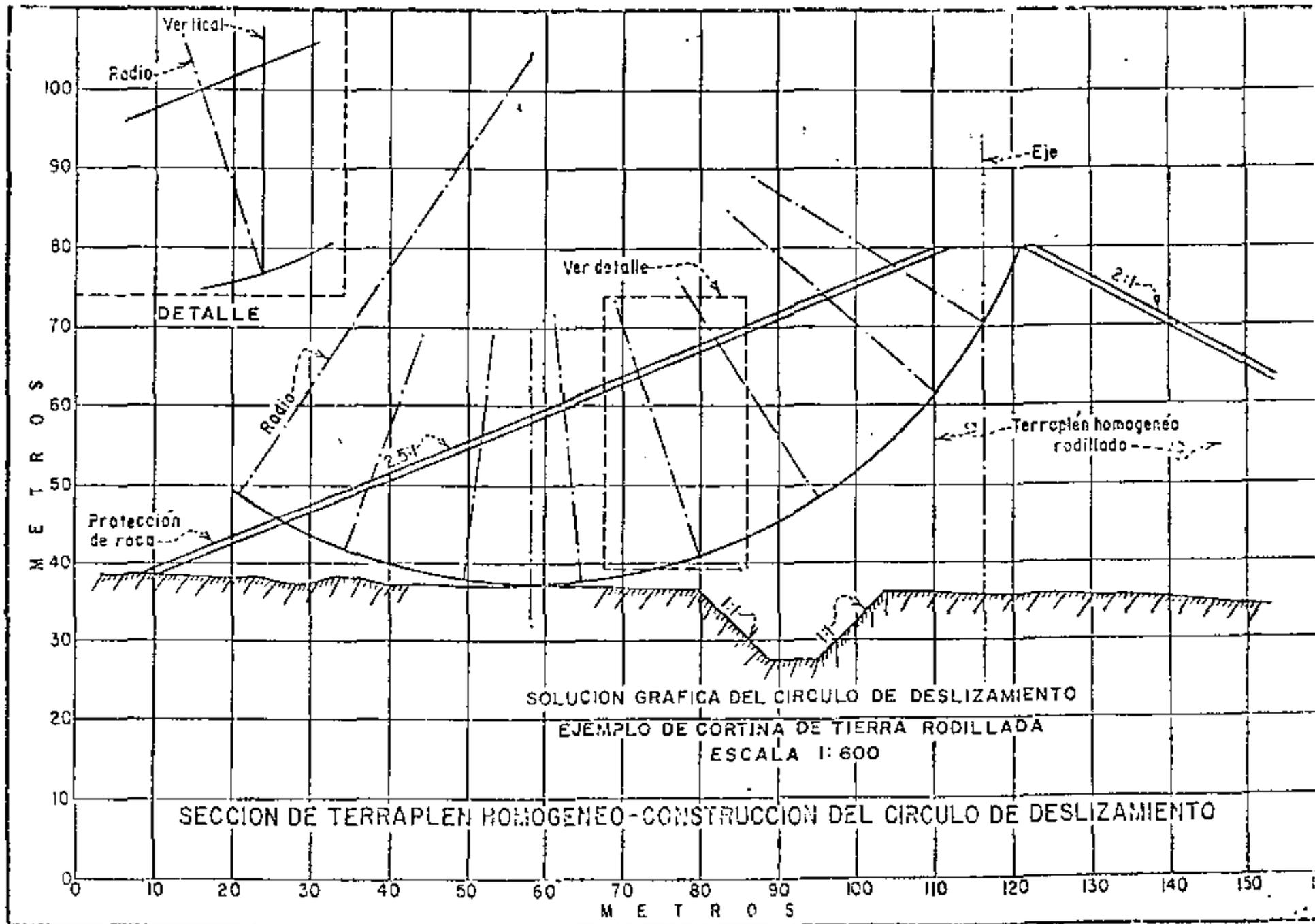
(d) Cohesión, 3 900 kg/m²

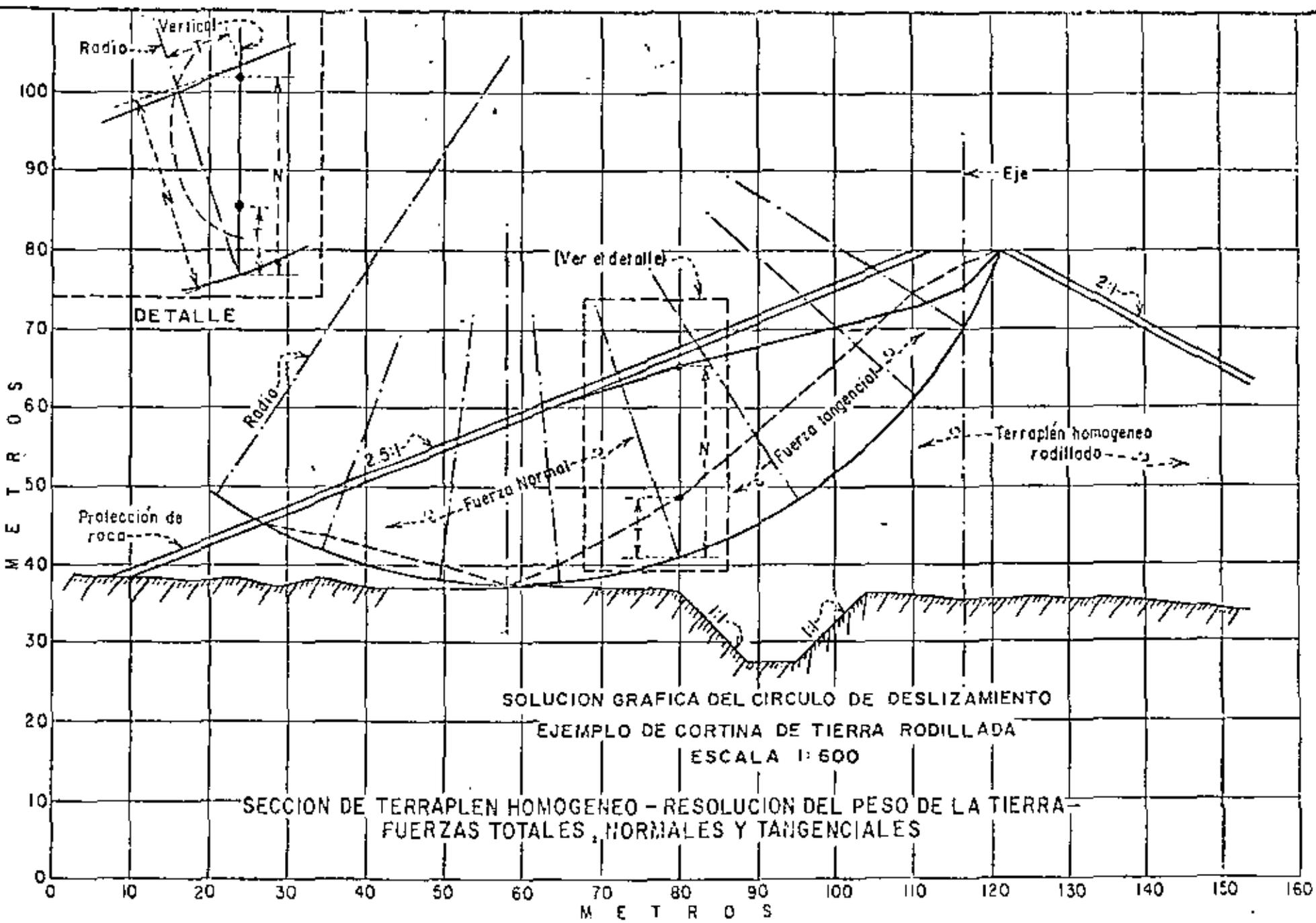
$$3\ 900 \times 78.3 = 305\ 370 \text{ kg}$$

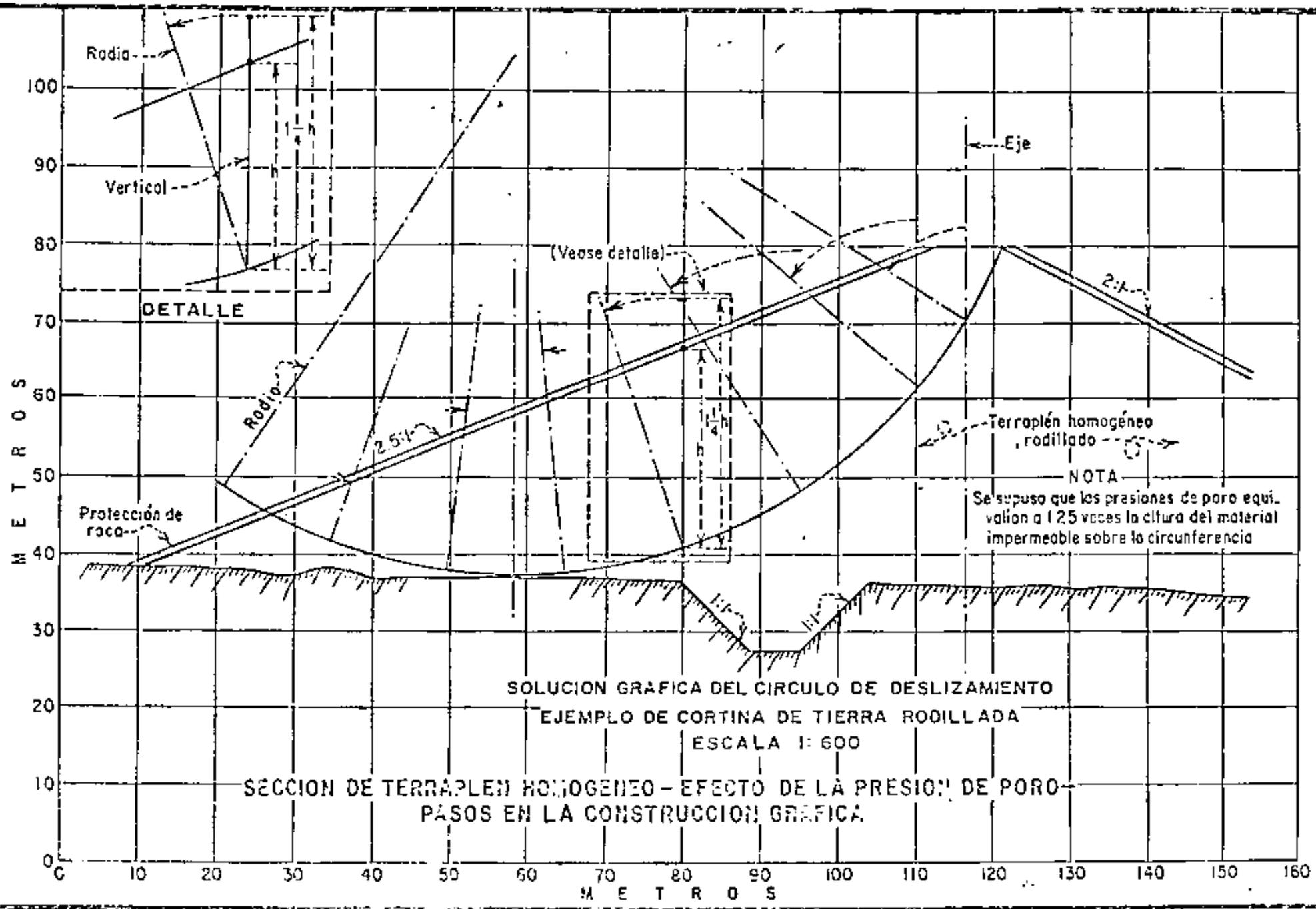
(e) Factor de seguridad:

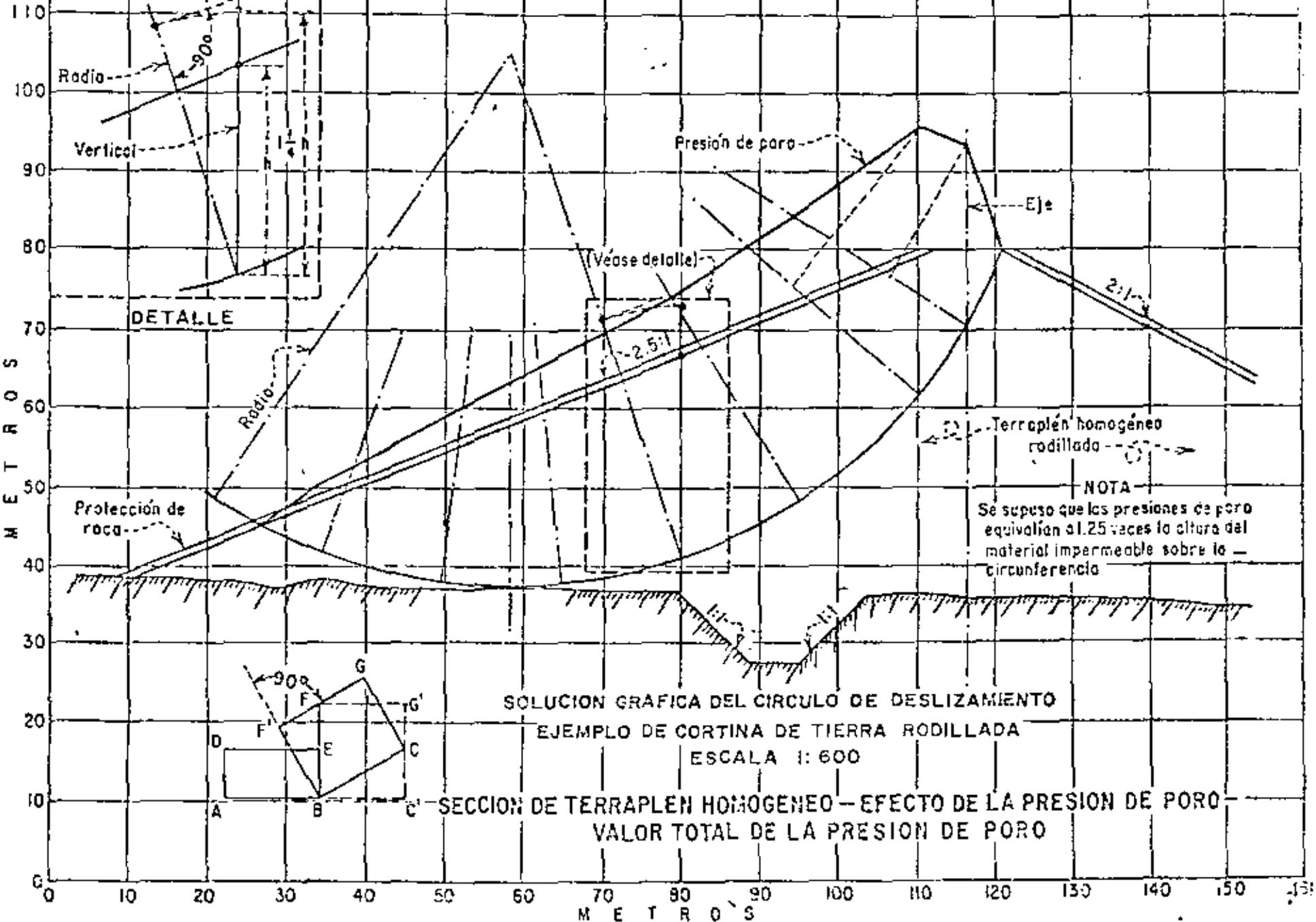
$$\begin{aligned} \text{F.S.} &= \frac{C + 0.7 (EN - EP.P.)}{ET} \\ &= \frac{305\ 370 + 0.7 (2\ 898\ 217 - 1\ 143\ 000)}{1\ 023\ 431} \\ &= 1.50 \end{aligned}$$

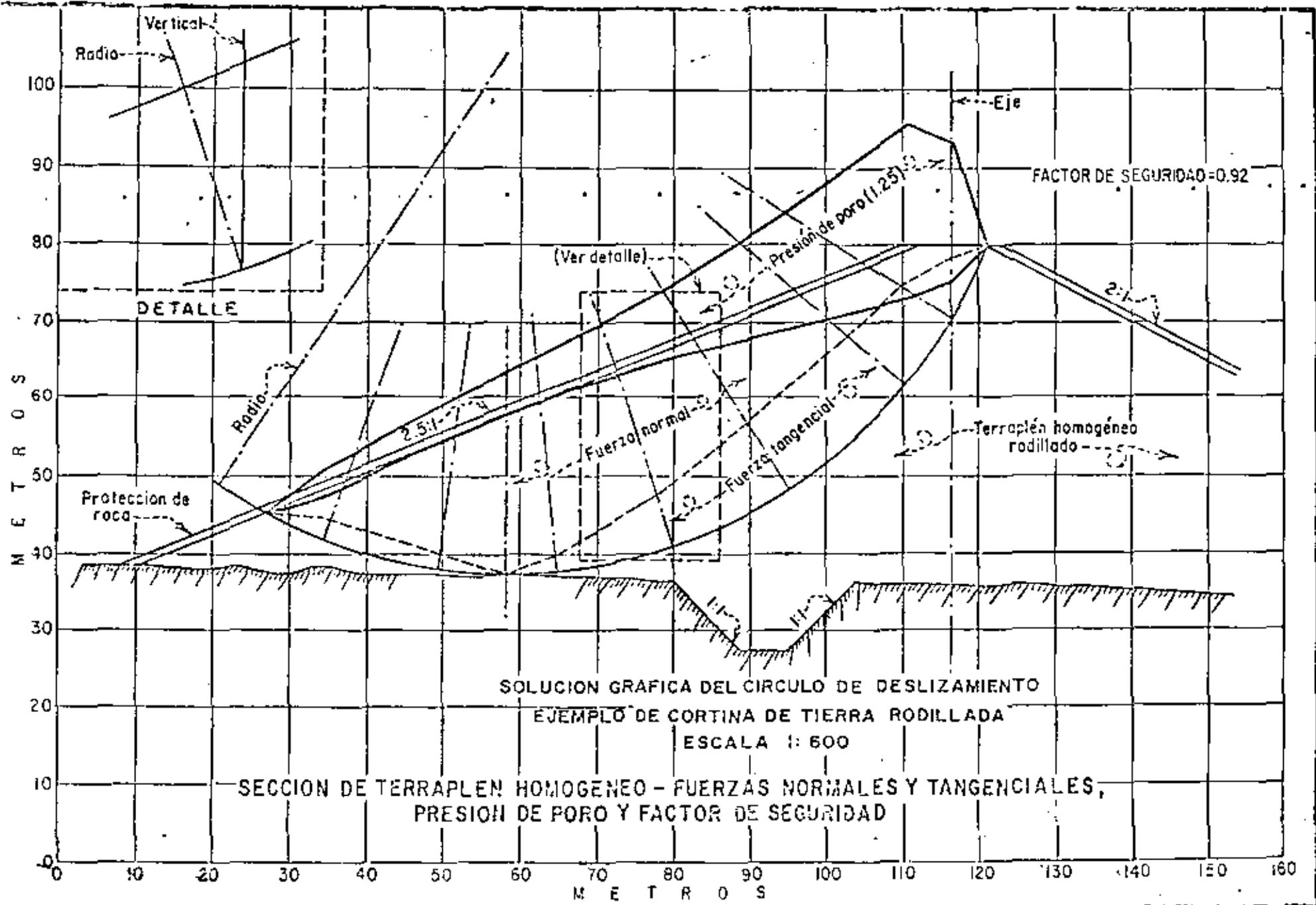
El factor de seguridad de 1.50 que resulta, ilustra el efecto de la reducción del ancho del corazón impermeable y de la substitución de ese material con materiales semipermeables y permeables. Refiriéndonos al ejemplo de cálculo de la presa de núcleo impermeable amplio (véase figura A.7) en el que el círculo de deslizamiento dió un factor de seguridad de 0.92, se puede ver que la existencia de las zonas permeables 2 y 3 en la figura A.11, reduce materialmente los valores de las presiones de poro, o sea de la subpresión, y produce por lo mismo una sección más estable.



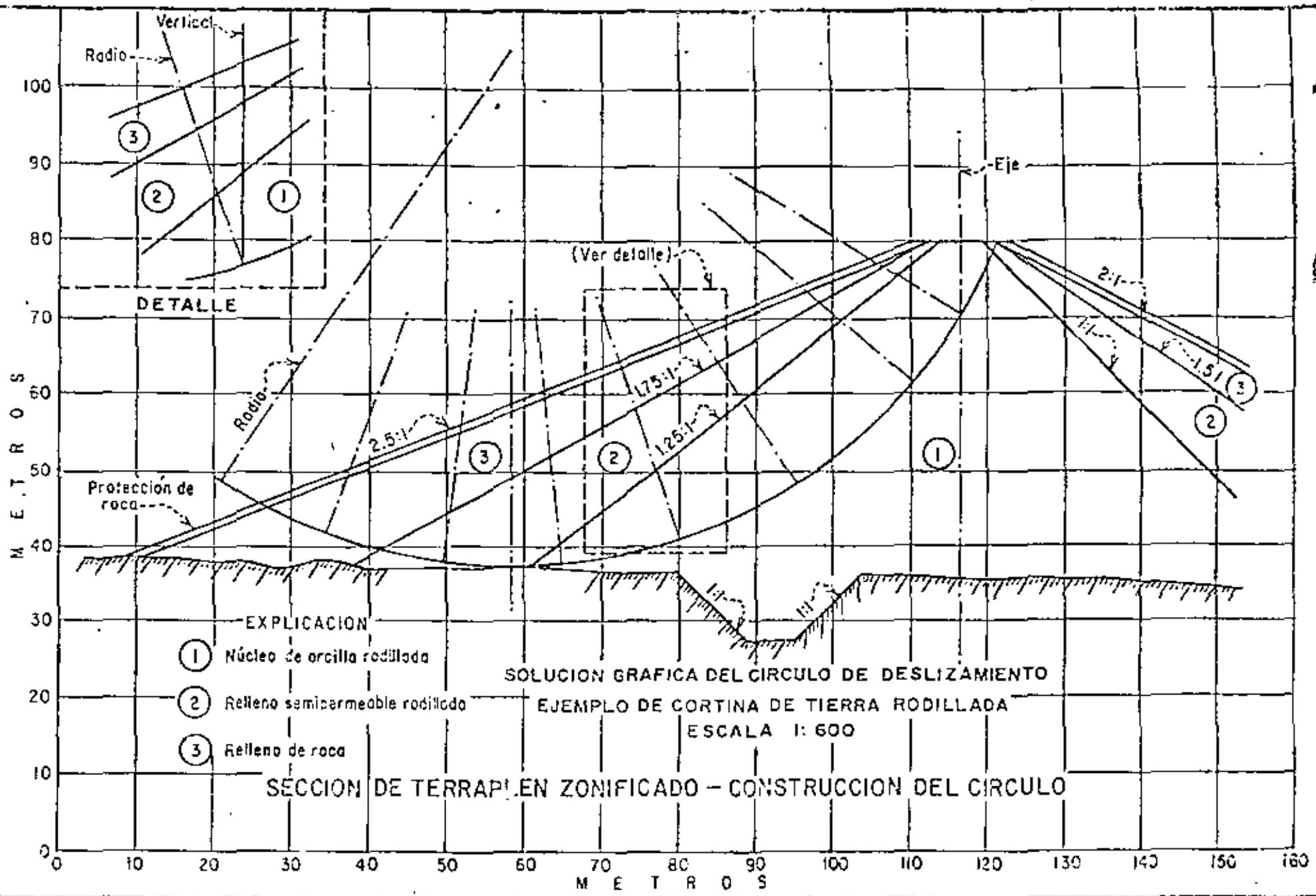




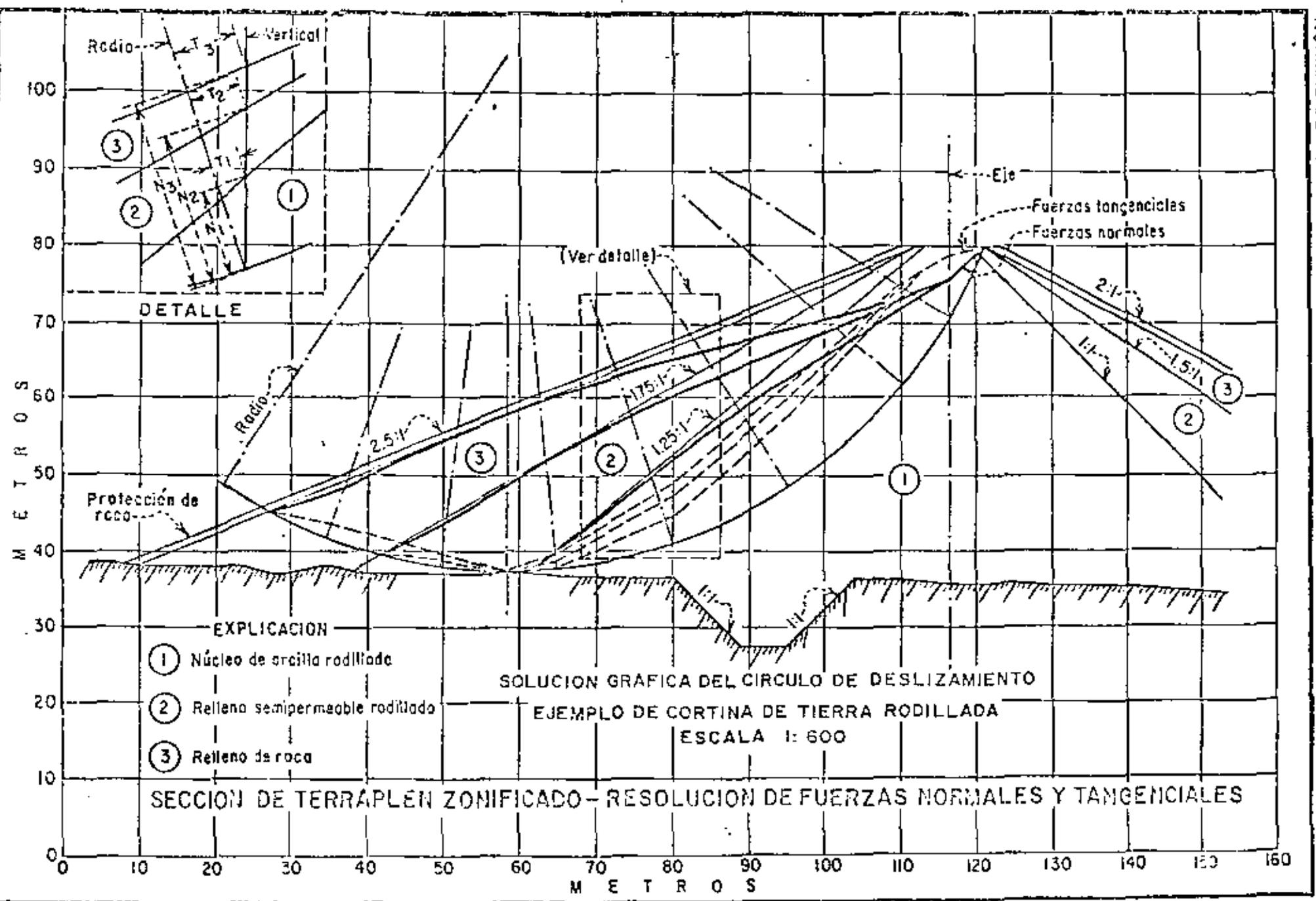


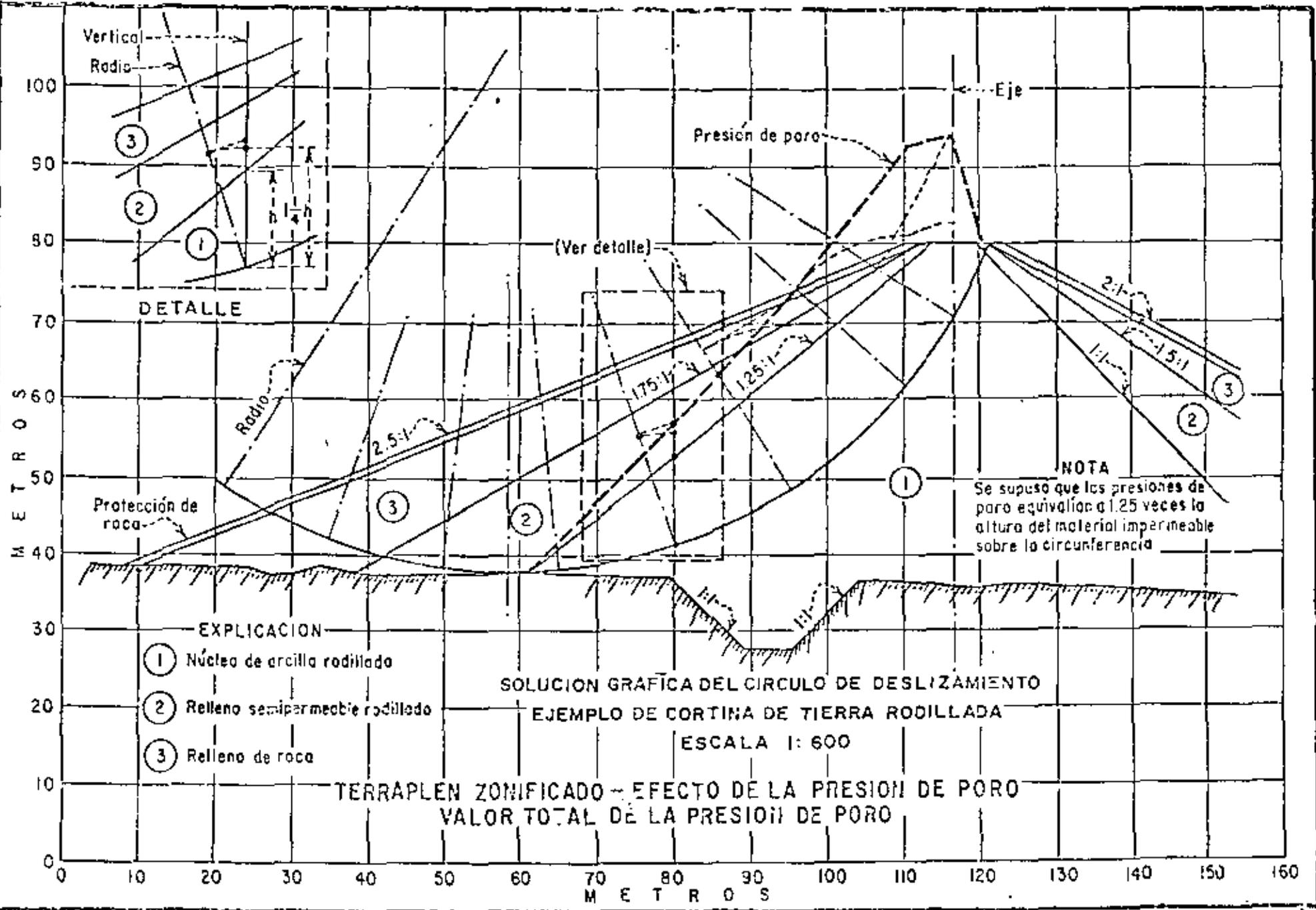


SOLUCION GRAFICA DEL CIRCULO DE DESLIZAMIENTO
EJEMPLO DE CORTINA DE TIERRA RODILLADA
ESCALA 1:600
SECCION DE TERRAPLEN HOMOGENEEO - FUERZAS NORMALES Y TANGENCIALES,
PRESION DE PORO Y FACTOR DE SEGURIDAD



INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
 CARLOS ARVENIZCEVA
 FIGURA A-R





DETALLE

Presion de poro

Eje

(Ver detalle)

NOTA

Se supuso que las presiones de poro equivalian a 1.25 veces la altura del material impermeable sobre la circunferencia

EXPLICACION

- ① Núcleo de arcilla rodillado
- ② Relleno semipermeeble rodillado
- ③ Relleno de roca

SOLUCION GRAFICA DEL CIRCULO DE DESLIZAMIENTO

EJEMPLO DE CORTINA DE TIERRA RODILLADA

ESCALA 1: 600

TERRAPLEN ZONIFICADO - EFECTO DE LA PRESION DE PORO VALOR TOTAL DE LA PRESION DE PORO



centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam



PLANEACION, DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PRESAS

PLANTAS HIDROELECTRICAS
PRIMERA PARTE

ING. ROBERTO CARVAJAL RODRIGUEZ

MARZO, 1980



I N D I C E

I	GENERALIDADES	1
I.1	Aprovechamientos hidráulicos	1
I.2	Aprovechamientos hidroeléctricos	3
II	PLANTAS HIDROELECTRICAS	5
III	TURBINAS	8
III.1	Introducción	8
III.2	Clasificación general	8
III.3	Principios de clasificación	18
III.3.1	Coeficiente caracterfstico	20
III.3.2	Turbina específica	21
III.3.3	Turbina unitaria	21
III.3.4	Relaciones de similitud.	21
III.4	Eficiencia	22
III.5	Tubo de aspiración	25
III.6	Velocidad síncrona	26
III.7	Caída	27
III.7.1	Definiciones	27
III.7.2	Rango de variación de la caída	30
III.8	Potencia	30
III.9	Curvas características de funcionamiento	31
III.10	Velocidad de desboque	32
IV	INFORMACIÓN GENERAL REQUERIDA	36
V	SELECCION DE LA TURBINA	37
V.1	Definiciones	37
V.2	Número de unidades	39
V.3	Procedimiento	39
V.3.1	Caracterfsticas y dimensiones de turbinas Francis	
V.3.2	Caracterfsticas y dimensiones de turbinas Kaplan	
V.3.3	Caracterfsticas y dimensiones de turbinas Pelton	



PLANTAS HIDROELECTRICAS

I.- GENERALIDADES

I.1.- Aprovechamientos hidráulicos

Se denomina aprovechamiento hidráulico al conjunto de estructuras, naturales y/o artificiales, que hace posible utilizar ciertas características que tiene o pueda adquirir el agua.

Entre los principales se mencionan:

- agua potable
- irrigación
- hidroeléctrico
- navegación
- usos múltiples

En general las estructuras que lo forman se ilustran en la figura I.1, éstas son:

- (1) Cuenca de captación
- (2) Almacenamiento y/o derivación (boquilla, vaso, cortina, obra de excedencias)
- (3) Conducción (obra de toma, canales, túneles, tuberías sifones, estructuras auxiliares y de control)
- (4) Distribución (canales, túneles, tuberías, estructuras de control)
- (5) Utilización
- (6) Eliminación de sobrantes o retorno.

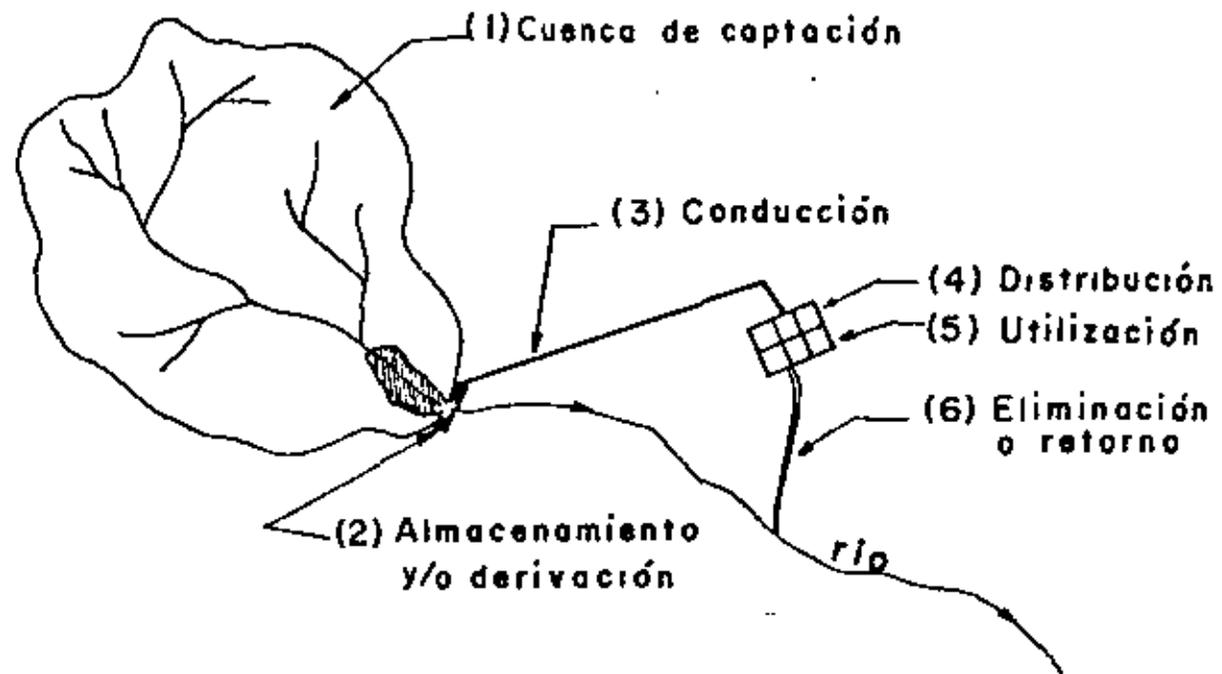


Fig. I. 1.- Estructuras que integran en general un aprovechamiento hidrúlico.

I.2.- Aprovechamientos hidroeléctricos

La finalidad de un aprovechamiento hidroeléctrico es transformar la energía potencial y cinética del agua en energía eléctrica.

La figura I.2, muestra esquemáticamente las estructuras que en general lo integran, éstas son:

- (1) Cuenca de captación
- (2) Almacenamiento y/o derivación
- (3) Toma, canal de fuerza o túnel a presión
- (4) Tubería a presión
- (5) Casa de máquinas y equipos electromecánicos
- (6) Canal o túnel de desfogue

Un aprovechamiento hidroeléctrico es posible en muchas ocasiones-- desarrollarlo como parte de uno de usos múltiples, ya que por sus características no consume ni contamina las aguas utilizadas, esto lo hace - en principio compatible con cualquier otro tipo de aprovechamiento hidráulico.

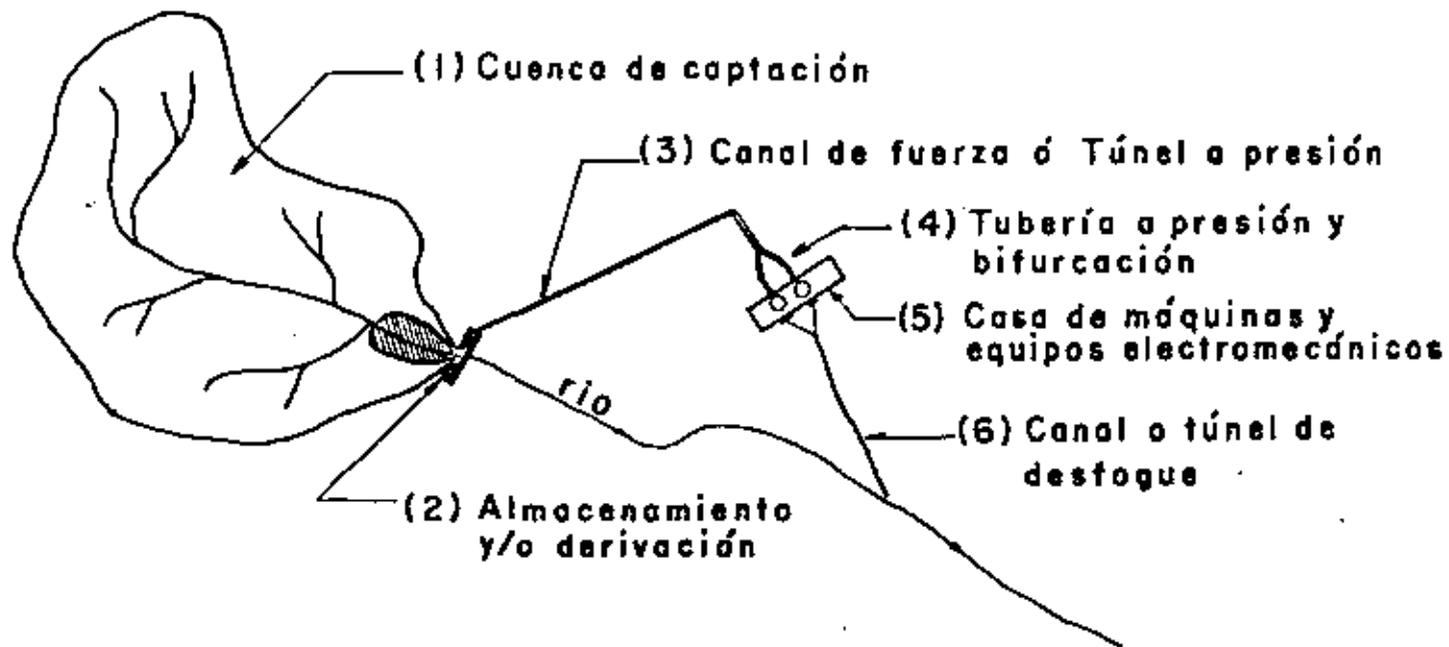


Fig. 1. 2.- Estructuras que integran en general un aprovechamiento hidroeléctrico.

II.- PLANTAS HIDROELECTRICAS

Para lograr el aprovechamiento de la energía hidráulica del agua en la generación de energía eléctrica, se hace necesario integrar un sistema hidroelectromecánico, denominado generalmente Planta o Central hidroeléctrica.

Las plantas hidroeléctricas se clasifican usualmente, refiriéndose a sus características más importantes, así:

- 1.- Plantas subterráneas o exteriores, según sea el tipo de casa de máquinas.
- 2.- Plantas de pico o de base, dependiendo de la función asignada para satisfacer la demanda de energía eléctrica.
- 3.- Plantas convencionales o de acumulación de energía (rebombeo), según se disponga de máquinas hidráulicas motrices (turbinas) o de motrices y generatrices (turbinas-bombas y/o turbinas y bombas).
- 4.- De acuerdo con las características de la conducción:
 - 1.- Plantas con conducción a superficie libre.
 - 2.- Plantas con conducción a presión:
 - a.- Con túnel a presión
 - b.- A pie de presa
- 4.1.- Plantas con conducción a superficie libre (Fig. II.1), sus estructuras principales son:
 - (1).- Presa derivadora
 - (2).- Toma
 - (3).- Canal de fuerza
 - (4).- Tanque de regulación y carga

- (5).- Tuberfa a presión
- (6).- Casa de máquinas
- (7).- Canal o túnel de desfogue
- (8).- Subestación elevadora
- (9).- Línea de transmisión

4.2.a.- Plantas con túnel a presión (Fig. II.2)

Sus estructuras principales son:

- (1).- Presa almacenadora
- (2).- Toma
- (3).- Túnel a presión
- (4).- Cámara de oscilación
- (5).- Tuberfa a presión
- (6).- Casa de máquinas
- (7).- Canal o túnel de desfogue
- (8).- Subestación elevadora
- (9).- Línea de transmisión

4.2.b.- Plantas a pie de presa (Fig. II.3)

Sus estructuras principales son:

- (1).- Presa almacenadora
- (2).- Toma
- (3).- Tuberfa a presión
- (4).- Casa de máquinas
- (5).- Canal de desfogue
- (6).- Subestación elevadora
- (7).- Línea de transmisión

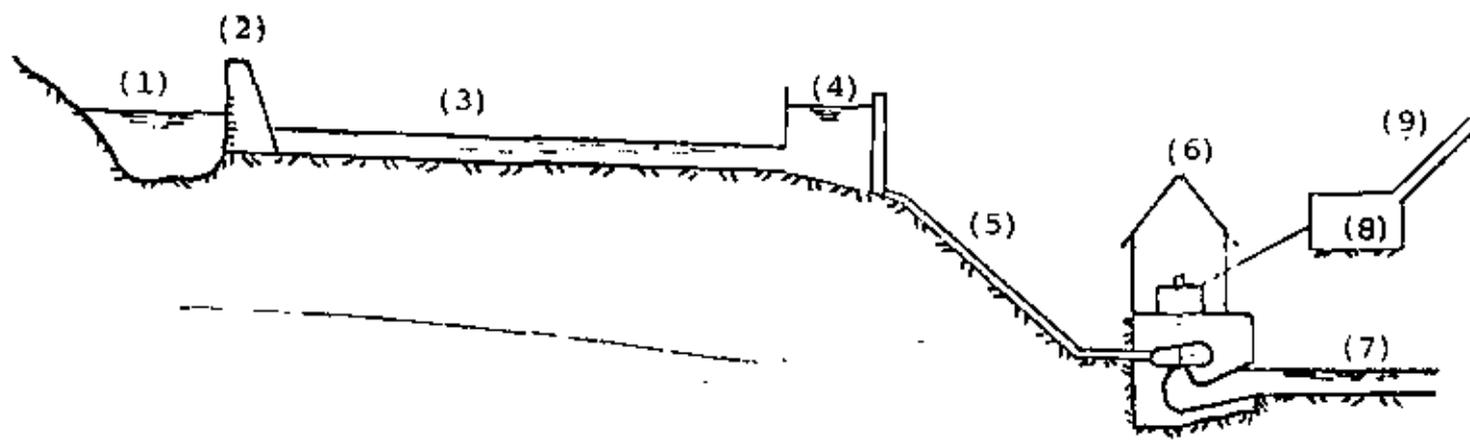


Figura II.1.- Planta con conducción a superficie libre.

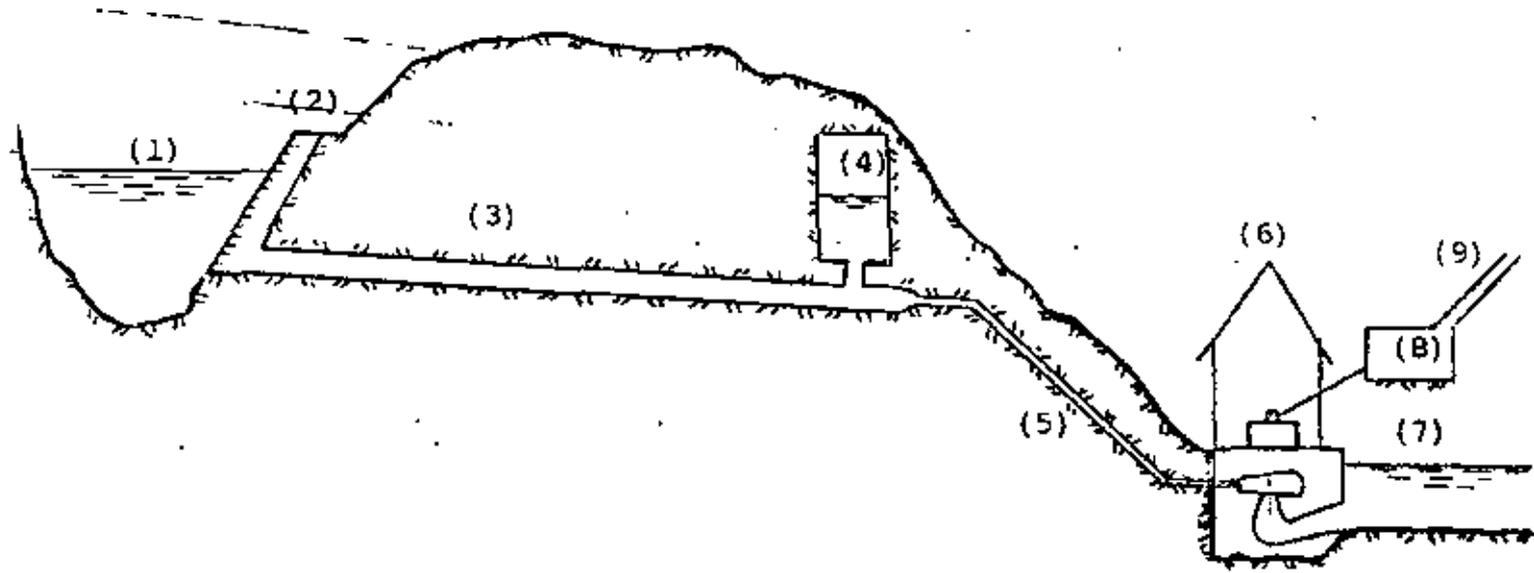


Figura II.2.- Planta con túnel a presión.

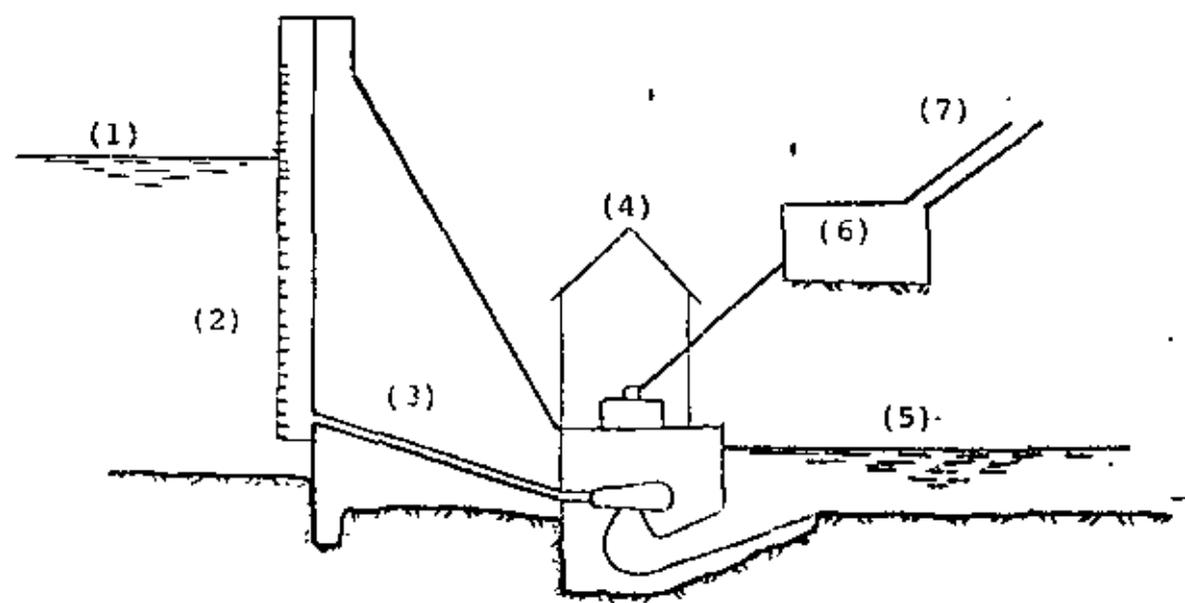


Figura II.1.- Planta a pie de presa.

III.- TURBINAS

III.1.- Introducción

En este capítulo se trata brevemente las turbinas hidráulicas que usualmente se emplean en las plantas hidroeléctricas; la selección del tipo y sus características principales.

III.2.- Clasificación general

Las turbinas se clasifican por la forma en que se efectúa el flujo del agua a través de la máquina:

a).- Impulso

b).- Reacción

Los principales tipos de turbinas empleadas son la Pelton o rueda de impulso; la Francis, turbina de reacción con flujo mixto, radial y axial, las Hélice y Kaplan en donde el flujo se efectúa axialmente.

Las turbinas se distinguen por las características siguientes:

TURBINA PELTON (Fig. III.1, III.2)

- El agua golpea la rueda a presión atmosférica.
- Se emplea para grandes caídas y gastos pequeños
- El rodete consiste de una rueda con cangilones (cucharones) en la periferia.
- La energía potencial del agua en la presa se transforma en energía cinética por medio de una tubería que remata en un chiflón o inyector.
- La válvula de seguridad empleada, es tipo esférica.

- La regulación en estas turbinas se efectúa por medio de la acción de agujas provistas en el chiflón y por deflectores.

TURBINAS FRANCIS (Fig. III.3 y III.4)

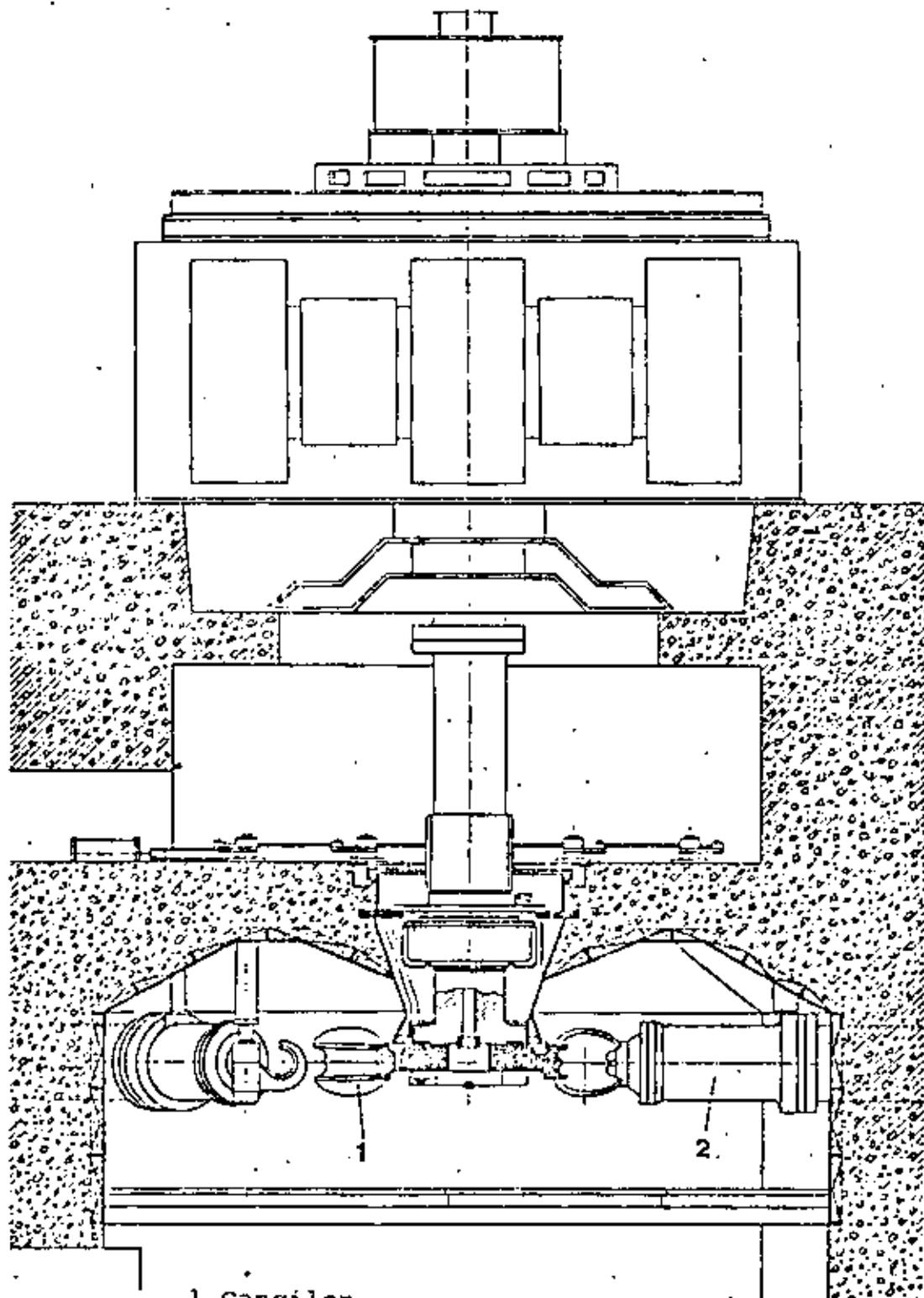
- Están formadas por una caja espiral (carcaza) de concreto o acero y un distribuidor que orienta el agua hacia el rodete.
- Se emplea para caídas y gastos medios.
- El flujo del agua se efectúa a una presión mayor que la atmosférica.
- Descargan a corta presión.
- Generalmente la válvula de seguridad es de tipo mariposa.

TURBINAS HELICE Y KAPLAN (Fig. III.5 y III.6)

- Se utilizan para bajas caídas y gastos grandes.
- La carcaza puede ser de concreto o de acero.
- En las Hélice los álabes del rodete son fijos a diferencia de los álabes de la Kaplan que son móviles.
- La regulación se efectúa por medio de un distribuidor como en las Francis, en las Kaplan además, con la inclinación de los álabes móviles del rodete.

TURBINAS BULBO (Fig. III.7)

Estas se asemejan a una turbina Kaplan, colocada en posición horizontal o inclinada y con el generador acoplado en un solo cuerpo.



- 1 Cangilon
- 2 Chiflón o Inyector

Figura III.1.- Turbina Pelton - Sección

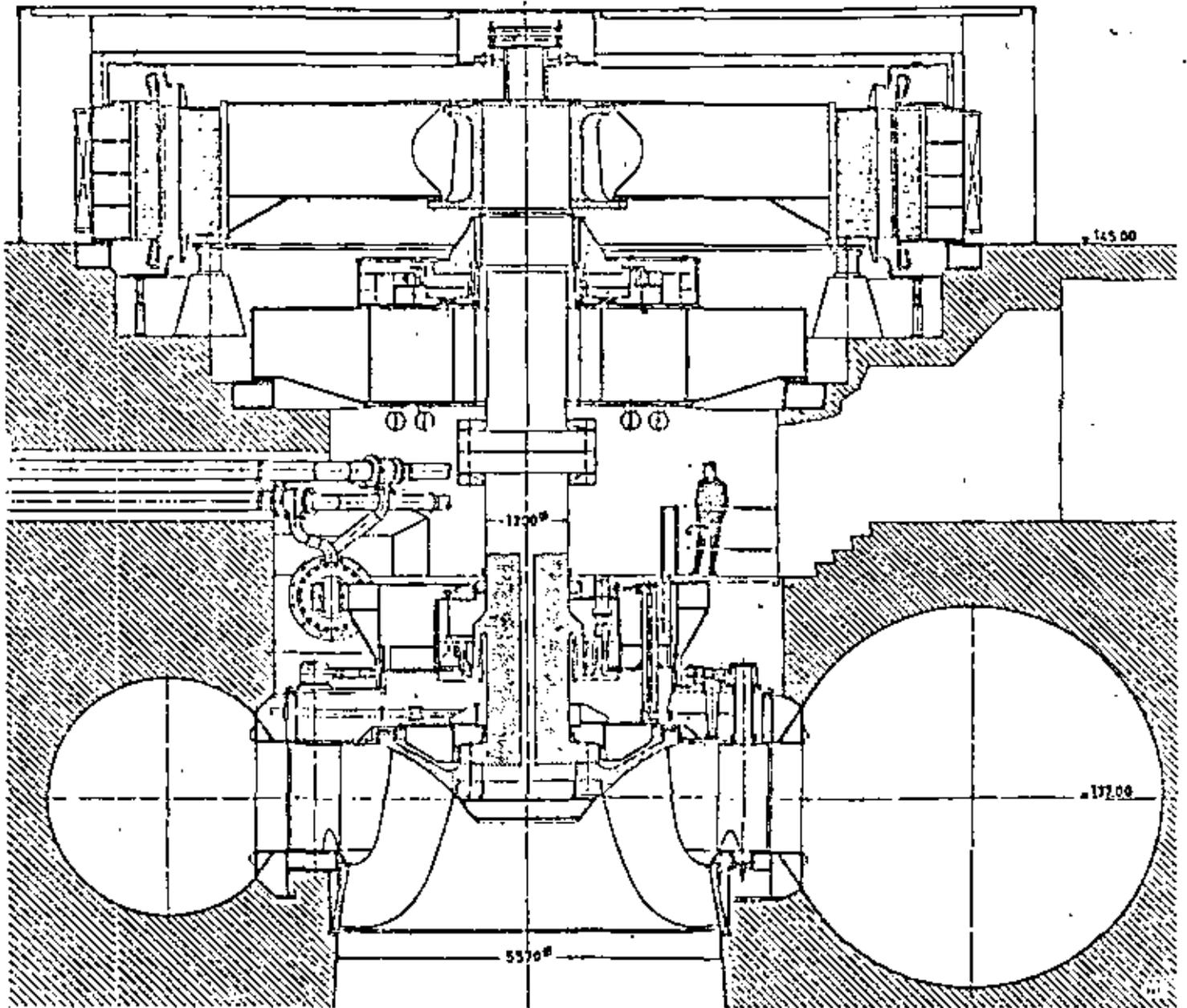
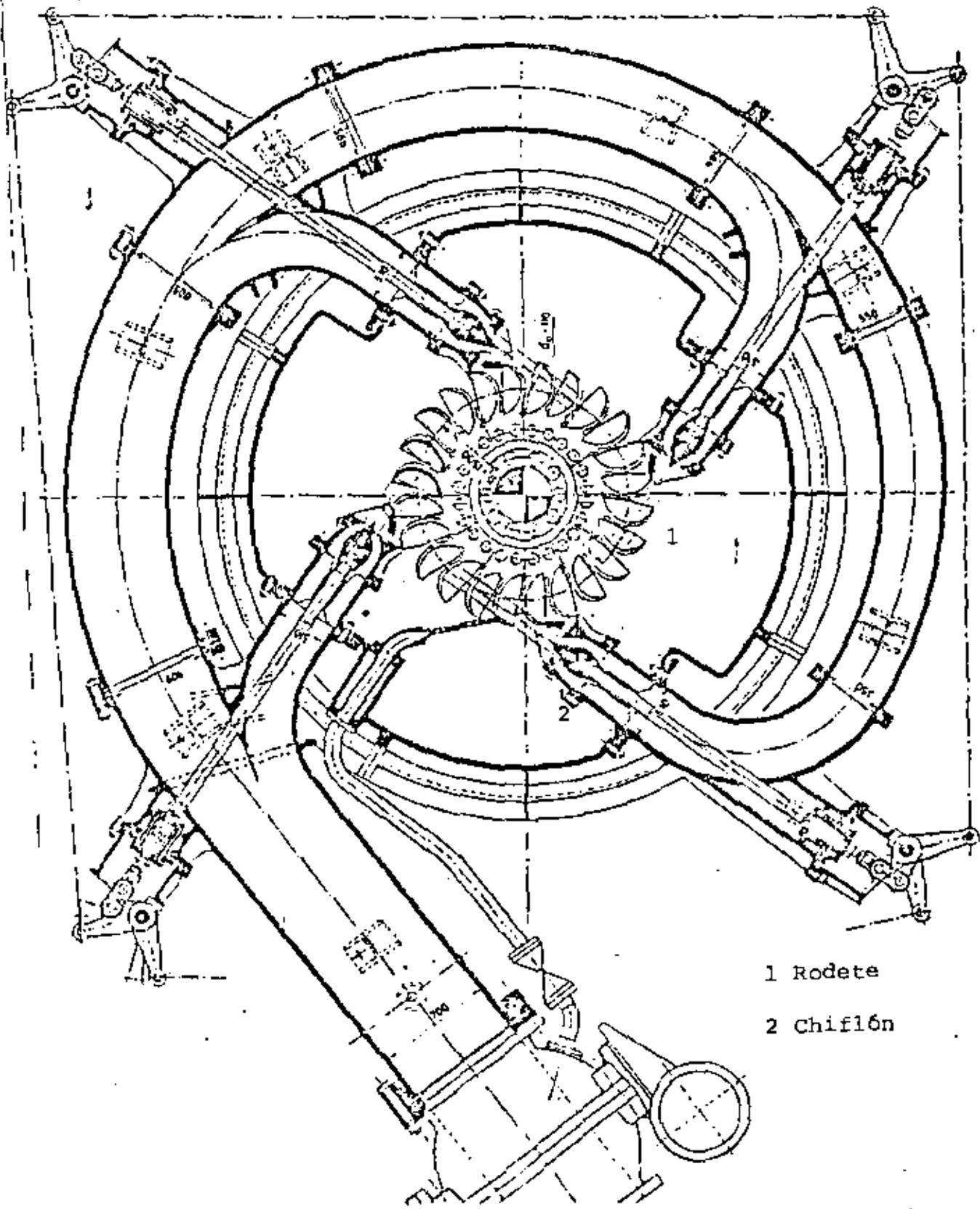


Figura III.3.- Turbina Francis - Sección



1 Rodete

2 Chiflón

Figura III.2.- Turbina pelton - Planta

Fig. 2 — Vertical Francis Turbine

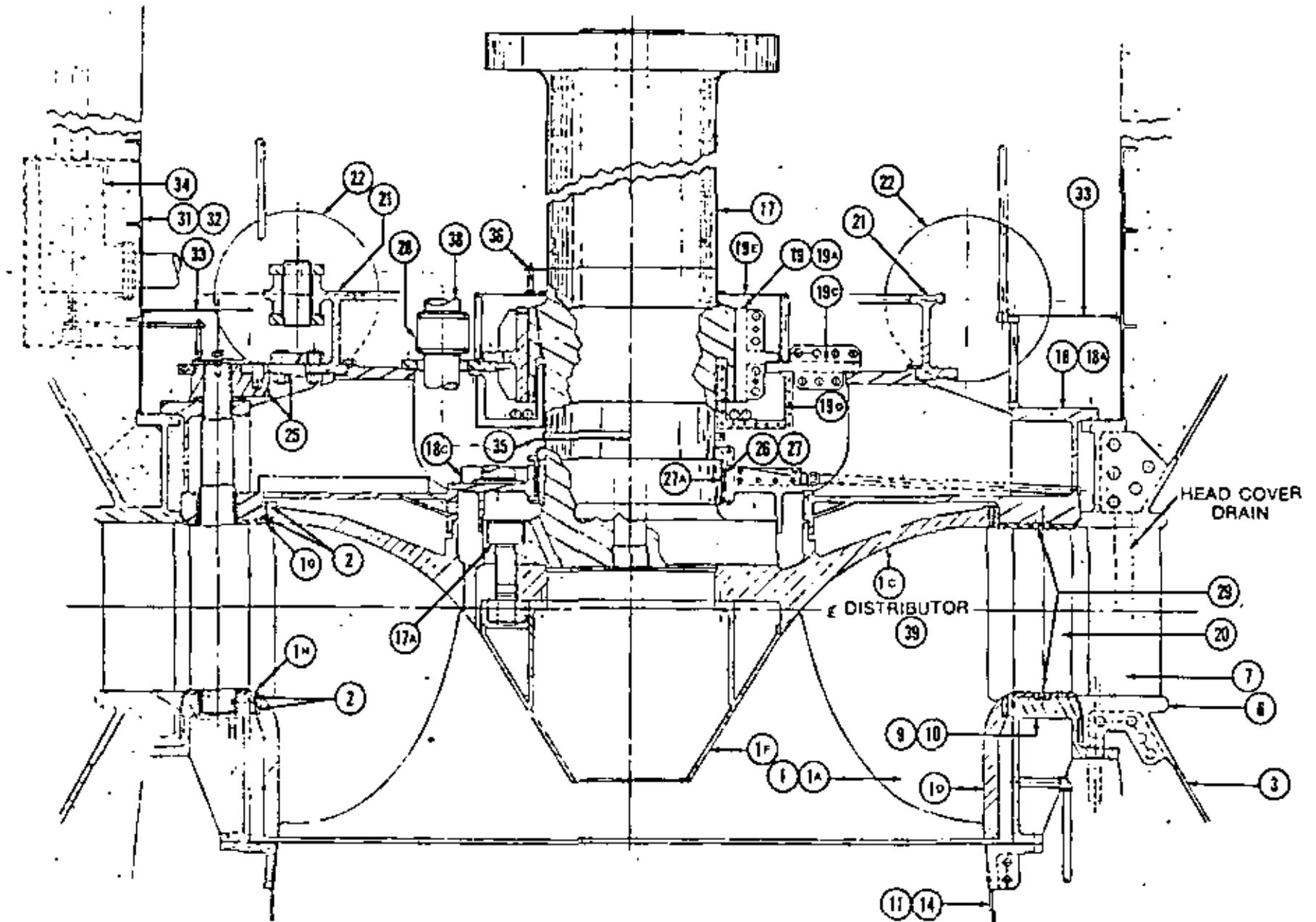


Figura III.4.- Turbina Francis - Sección

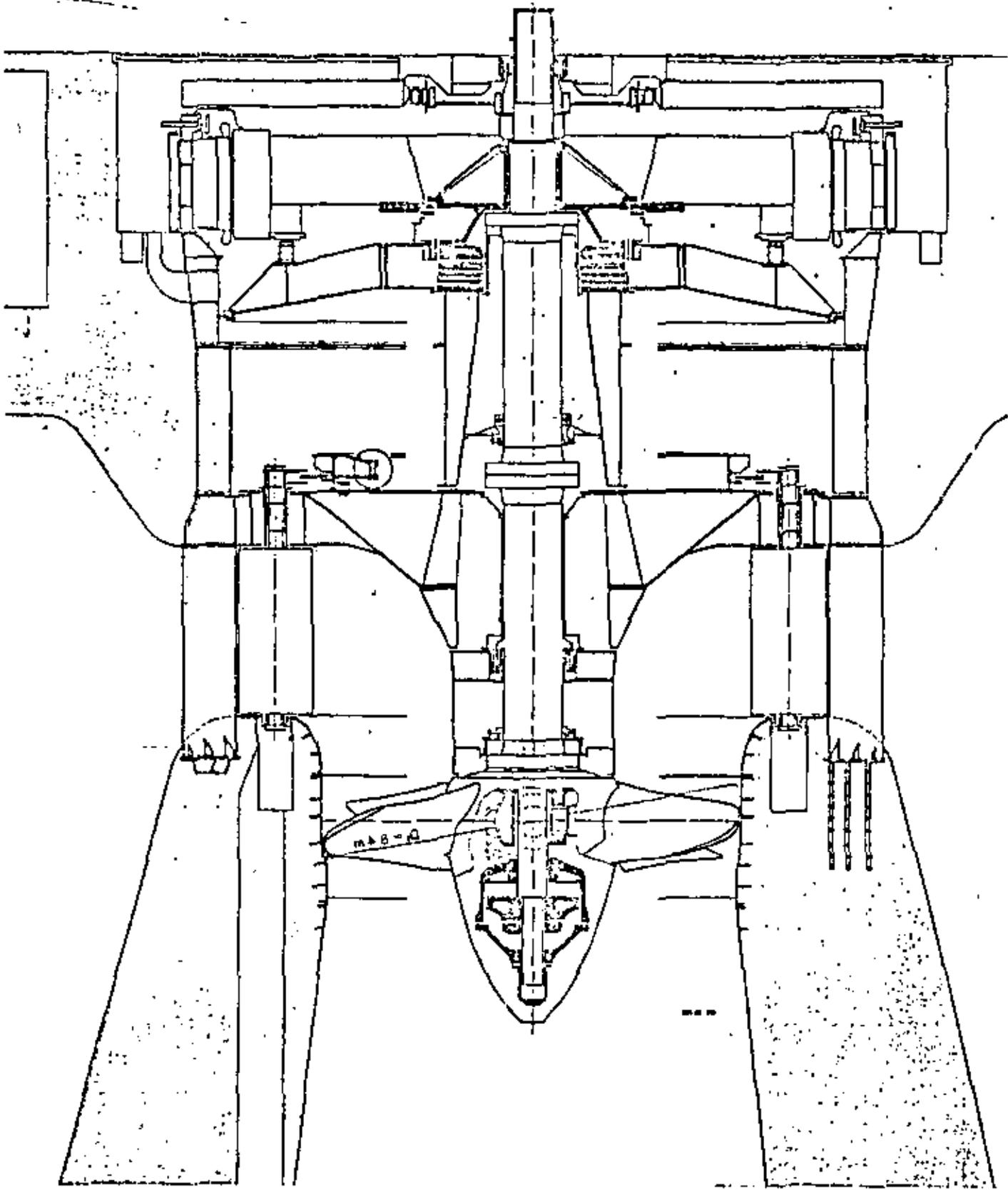


Figura III.5.- Turbina Kaplan - Sección

Fig. 1A — Vertical Fixed Blade Propeller Turbine

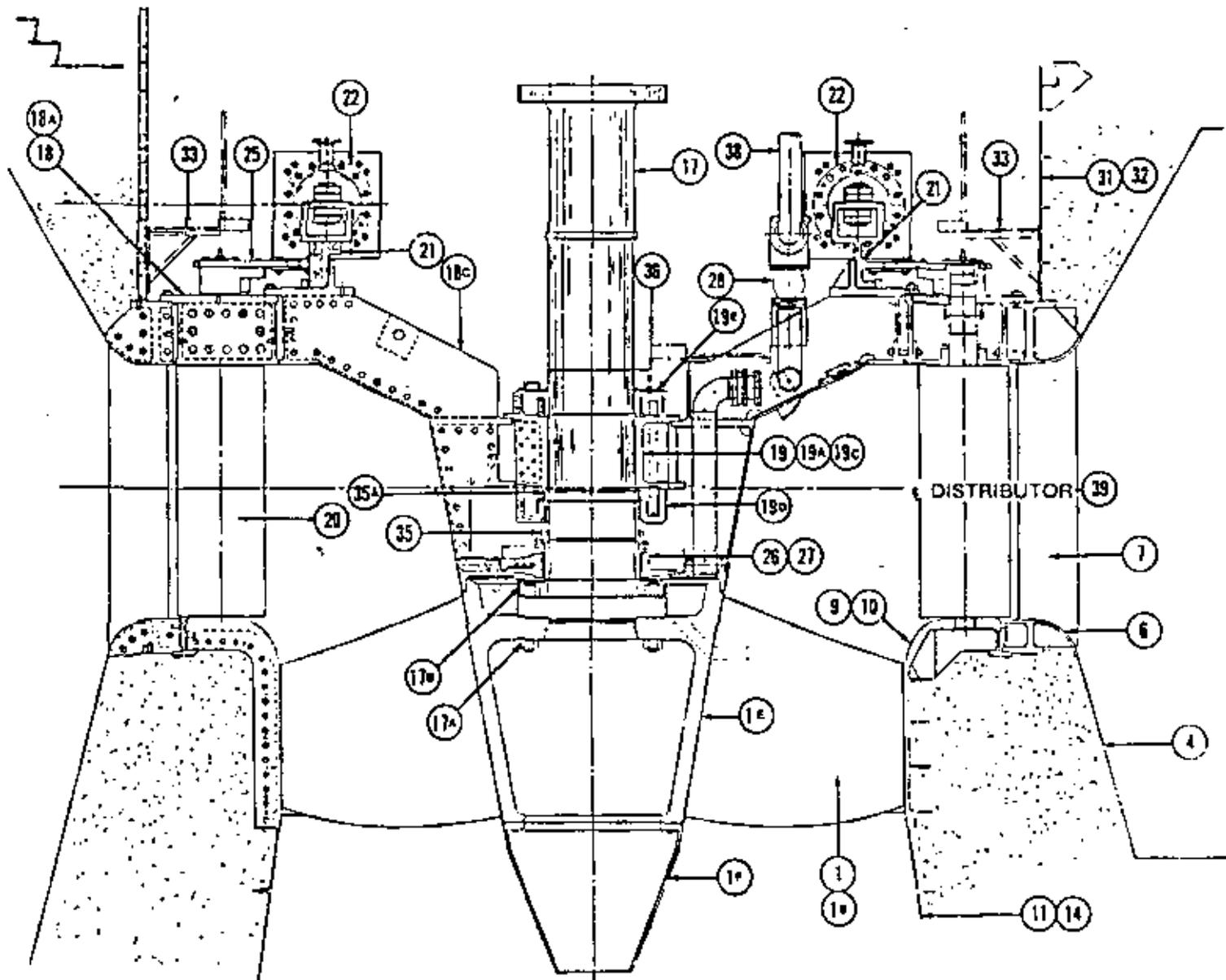
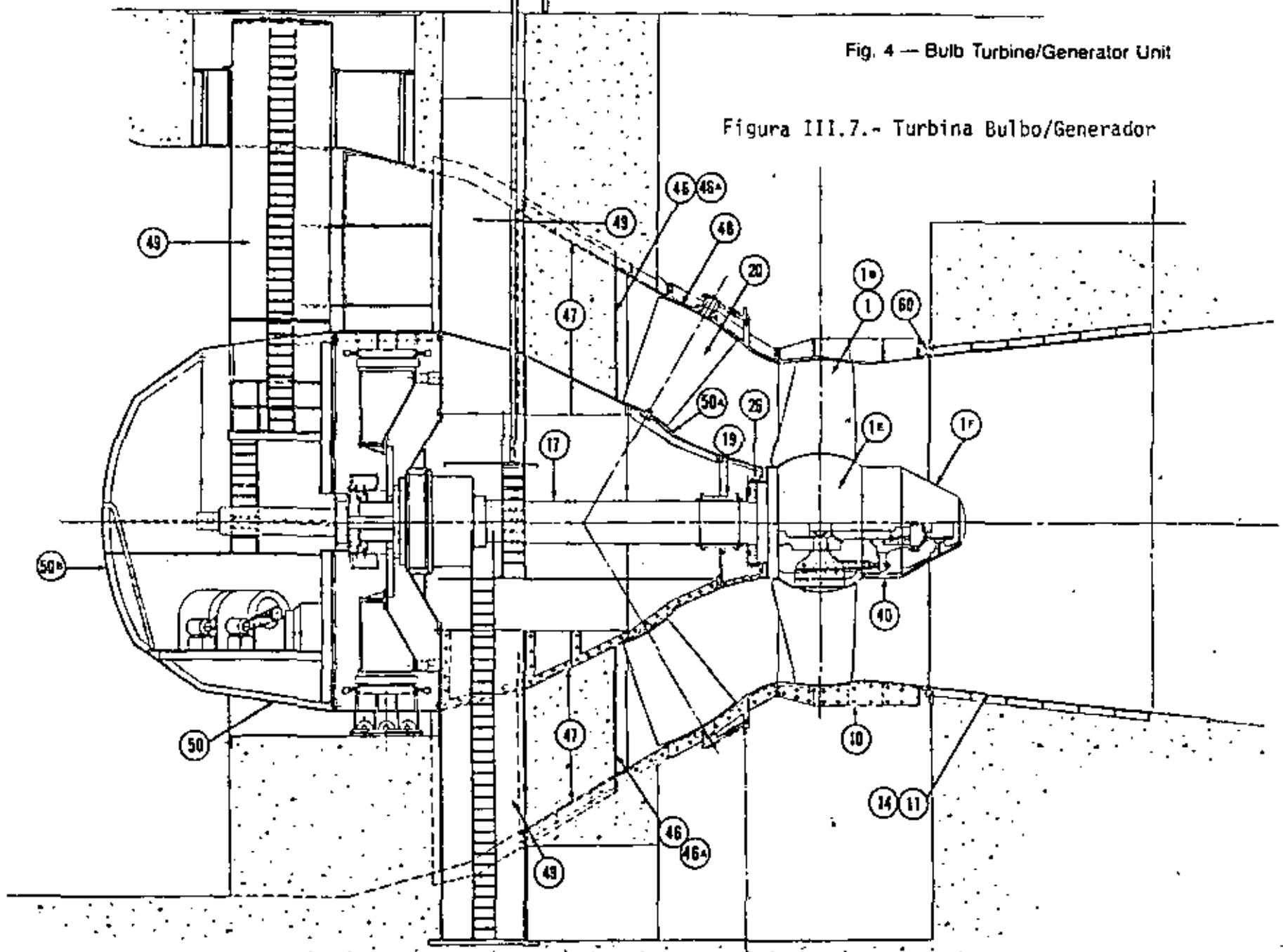


Figura III.6.- Turbina Hélice - Sección

Fig. 4 — Bulb Turbine/Generator Unit

Figura III.7.- Turbina Bulbo/Generador



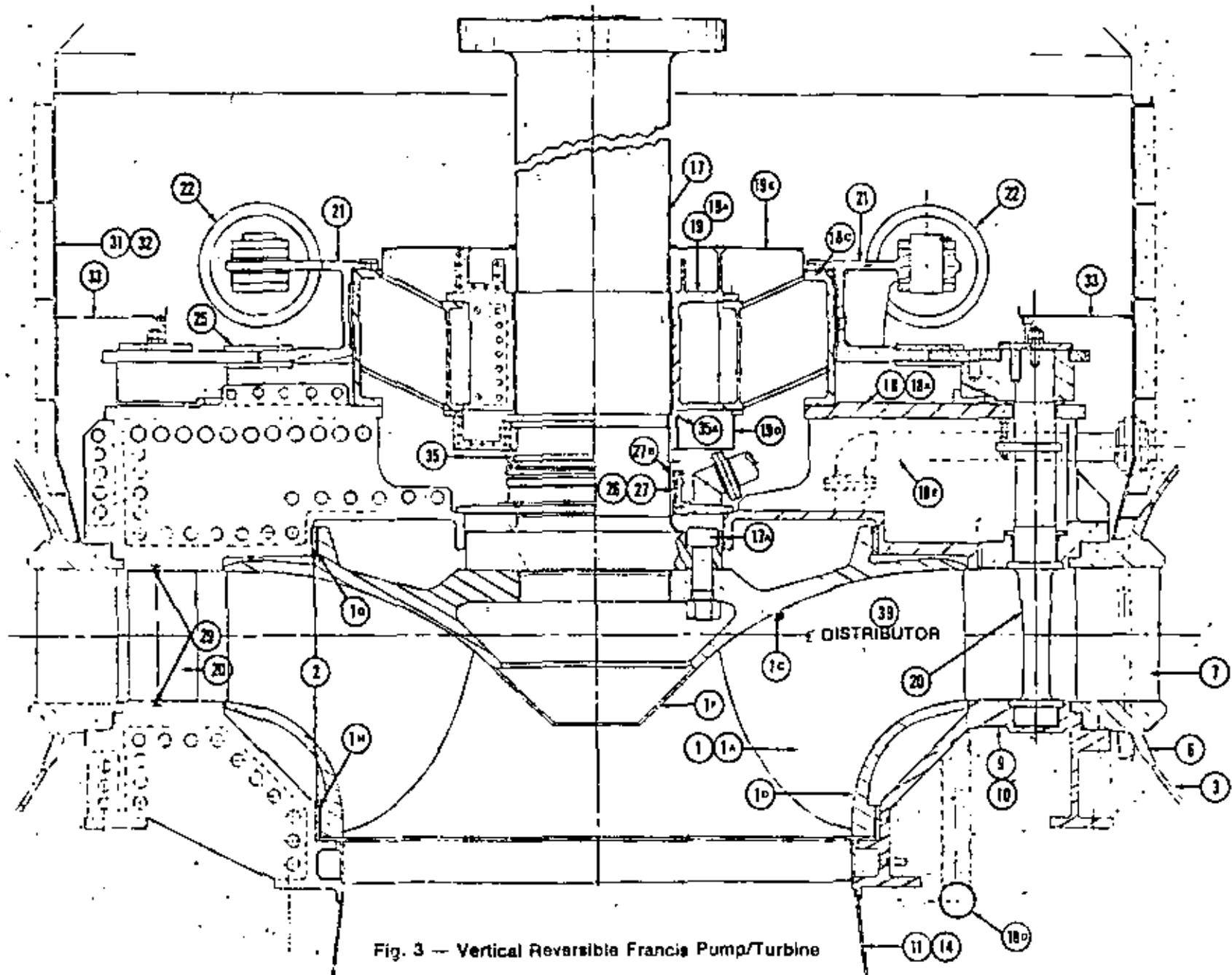


Fig. 3 — Vertical Reversible Francis Pump/Turbine
 Fig. III.8.- Turbina Francis Reversible
 (Bomba/Turbina)

TURBINAS REVERSIBLES (Fig. III.8)

Se denomina así a una máquina que está diseñada para funcionar como turbina o bien como bomba. Cuando trabaja como bomba, en un sentido, eleva el agua de un almacenamiento inferior a uno superior almacenando en esta forma energía potencial que emplea cuando opera como turbina, - en el otro sentido.

El proceso registra pérdidas de energía, ya que el agua que pasa por la turbina produce menos energía que la necesaria para bombearla.

El sistema es de bajo rendimiento, pero su empleo resulta económico cuando se interconecta a un sistema eléctrico de gran capacidad termoeléctrica y/o nuclear, ya que pueda emplearse energía fuera del pico de demanda para bombear y producir energía de mayor valor en las horas del pico.

El sistema registra también pérdidas de agua por evaporación, filtración, etc., que es necesario reponer.

III.3.- Principios de clasificación.

Uno de los problemas que debe resolverse al proyectar una planta hidroeléctrica, es elegir el tipo y tamaño de turbina adecuado y su velocidad óptima, adaptada a las condiciones particulares de gasto y caída efectiva.

La clasificación general se refiere exclusivamente a la clase y tipo de turbina sin tomar en cuenta sus características que permiten una selección racional. Esta primera fase del problema se simplifica basándose en un parámetro, determinado para las mejores condiciones de eficiencia, denominado "Coeficiente Característico", el cual tiene un valor constante para una serie de máquinas similares y caracteriza la for

ma constructiva y las proporciones medias de cada tipo.

Para que exista una similitud entre dos turbinas cualesquiera, deberán cumplirse las siguientes condiciones:

- a).- Similitud geométrica.- Dos turbinas de diferente tamaño-- son geoméricamente similares si son proporcionales sus - dimensiones homólogas, e iguales a una constante única de proporcionalidad denominada escala.
- b).- Similitud dinámica.- Los paralelogramos de velocidades a la entrada y salida del rodete móvil de dos turbinas cualesquiera deben guardar respectivamente una relación constante.

Si se cumplen los principios de similitud y se considera que las - eficiencias permanecen constantes, se establecen las siguientes relaciones:

- a).- Las velocidades varían proporcionalmente con la raíz cuadrada de la caída.

$$v = \kappa(2gH)^{1/2}, \text{ es decir: } v \propto H^{1/2} \text{ -----(III.1)}$$

- b).- El área de descarga del rodete varía proporcionalmente -- con el cuadrado del diámetro.

$$A = \kappa_1 D^2, \text{ es decir: } A \propto D^2 \text{ -----(III.2)}$$

- c).- El gasto es proporcional al producto del diámetro al cuadrado por la raíz cuadrada de la caída.

$$Q = Av, \text{ es decir: } Q \propto D^2 H^{1/2} \text{ -----(III.3)}$$

- d).- La potencia es proporcional al producto del gasto por la caída, cuando la eficiencia de la turbina η_1 permanece -- constante.

$$P = \kappa_3 QH, \text{ es decir: } P \propto D^2 H^{3/2} \text{ -----(III.4)}$$

e).- La velocidad tangencial (u) de un punto del rodete varía proporcionalmente con el producto de la velocidad de rotación (N) por su distancia al centro.

$$u = \pi DN/60, \text{ es decir: } u \propto DN \quad \text{-----(III.5)}$$

f).- La velocidad de rotación de una turbina varía proporcionalmente con el cociente de la raíz cuadrada de la caída entre el diámetro del rodete.

$$\text{Como } u \propto H^{1/2}; \quad u \propto DN : \quad N \propto H^{1/2}/D \quad \text{-----(III.6)}$$

III.3.- Coeficiente característico.

De las ecuaciones (III.4) y (III.6) se obtiene:

$$N \propto P^{-1/2} H^{5/4} \quad \text{-----(III.7)}$$

o bien, en forma de ecuación:

$$N = KP^{-1/2} H^{5/4} \quad \text{-----(III.8)}$$

$$K = NP^{1/2} H^{-5/4} \quad \text{-----(III.9)}$$

La ecuación (III.9) expresa el coeficiente característico el cual significa que, para todas las turbinas que sean geoméricamente semejantes y operando en condiciones hidráulicamente similares con eficiencias iguales, su valor es constante.

Las dimensiones del coeficiente característico dependen del sistema de unidades empleado.

Otro parámetro característico es:

Coeficiente de velocidad periférica:

$$K_u = \pi DN/60(2gH)^{1/2} \quad \text{-----(III.10)}$$

Este expresa la relación entre la velocidad tangencial en la periferia del rodete y la velocidad a la entrada de la turbina.

III.3.2.- Turbina específica.

Se denomina así a una turbina homóloga reducida hasta un tamaño--- tal, que bajo una caída unitaria desarrolla una potencia unitaria. A su velocidad de rotación se le designa velocidad específica (N_s).

De la ecuación (III.8):

$$N_s = K \quad \text{-----(III.11)}$$

Sustituyendo en la ecuación (III.9):

$$N_s = NP^{1/2} H^{-5/4} \quad \text{-----(III.12)}$$

Como se observa en este caso particular, la velocidad específica-- es numéricamente igual al coeficiente característico y por lo tanto es constante para todas las turbinas geoméricamente semejantes, cualequiera que sea su tamaño, bajo cualquier caída, funcionando todas ellas a-- su velocidad óptima, correspondiente a sus dimensiones y caída.

Cabe mencionar que las unidades de N_s no son las mismas que las -- del coeficiente característico (K).

La velocidad específica para una turbina dada será función del gas to que pasa por ella. La máquina presentará diferentes características de funcionamiento según este gasto. Se considera como velocidad específica característica de la máquina, aquella que presente las mejores condiciones de eficiencia, es decir, cuando es numéricamente igual al coeficiente característico ($N_s = K$).

III.3.3.- Turbina unitaria.

Se denomina así a una turbina homóloga de tamaño unitario, que bajo una caída unitaria desarrolla una potencia determinada (P_u).

III.3.4.- Relaciones de similitud

Las expresiones planteadas anteriormente en el inciso III.2.1, per miten establecer las relaciones de similitud siguientes:

a).- Turbina específica:

$$\text{Velocidad: } N_s = NP^{1/2} H^{-5/4} \quad \text{-----(III.12)}$$

$$\text{Gasto: } Q_s = QH/P \quad \text{-----(III.13)}$$

$$\text{Diámetro: } D_s = DH^{3/4} / P^{1/2} \quad \text{-----(III.14)}$$

b).- Turbina unitaria:

$$\text{Velocidad: } N = ND/H^{1/2} \quad \text{-----(III.15)}$$

$$\text{Gasto: } Q = Q/D^2 H^{1/2} \quad \text{-----(III.16)}$$

$$\text{Potencia: } P = P/D^2 H^{3/2} \quad \text{-----(III.17)}$$

c).- Otras relaciones frecuentemente usadas son:

$$N_s = N P^{1/2} \quad \text{-----(III.18)}$$

$$P_u = \kappa_3 Q_u = \eta_1 \kappa_2 Q_u \quad \text{-----(III.19)}$$

$$N_s = N_u (\eta_1 \kappa_2 Q_u)^{1/2} \quad \text{-----(III.20)}$$

$$P = \eta_1 \kappa_4 Q_u / N_u^3 \quad \text{-----(III.21)}$$

en donde κ_2 , κ_3 , y κ_4 son constantes.

Si se considera el gasto constante, como:

$$N_s \propto D^2$$

$$\text{y } D \propto Q^{1/2} / H$$

Se deduce que la forma de la turbina cambia al variar la carga y por consiguiente:

$$N_s = f(H) \quad \text{-----(III.22)}$$

La ecuación matemática entre estos dos parámetros depende de las consideraciones técnico - económicas y de la experiencia del fabricante.

III.4.- Eficiencia

Por eficiencia de la turbina (η_1) debe entenderse la que se obtiene al considerarse las pérdidas totales inherentes a la carcasa, la turbina misma y el tubo de aspiración. Los valores de eficiencia garanti-

zados por un fabricante se basan en esta consideración.

Suponer que las eficiencias entre el modelo y el prototipo son iguales no es completamente correcto, ya que en realidad la eficiencia es mayor a medida que aumenta el tamaño.

Las diferencias en pérdidas y ligeras variaciones geométricas para una verdadera similitud, hacen necesario ajustes entre las eficiencias de las máquinas aparentemente homólogas.

Para determinar la eficiencia real del prototipo se utilizan diferentes fórmulas experimentales deducidas para la condición de óptima eficiencia; fuera de esta condición, no se tienen resultados experimentales.

Por ejemplo, la fórmula de Moody permite ajustar las eficiencias entre una turbina Francis y su modelo homólogo:

$$\eta_1 = 1 - (1 - \eta_0) (D_0/D)^{1.4} (H_0/H)^{1.2} \quad \text{-----(III.23)}$$

en donde:

η_1, η_0 = eficiencia del prototipo y del modelo, respectivamente.

D, D_0 = diámetro de descarga del prototipo y del modelo, respectivamente.

H, H_0 = carga efectiva en el prototipo y en el modelo, respectivamente.

La figura III.9, muestra curvas típicas de eficiencia para diversos tipos de turbinas.

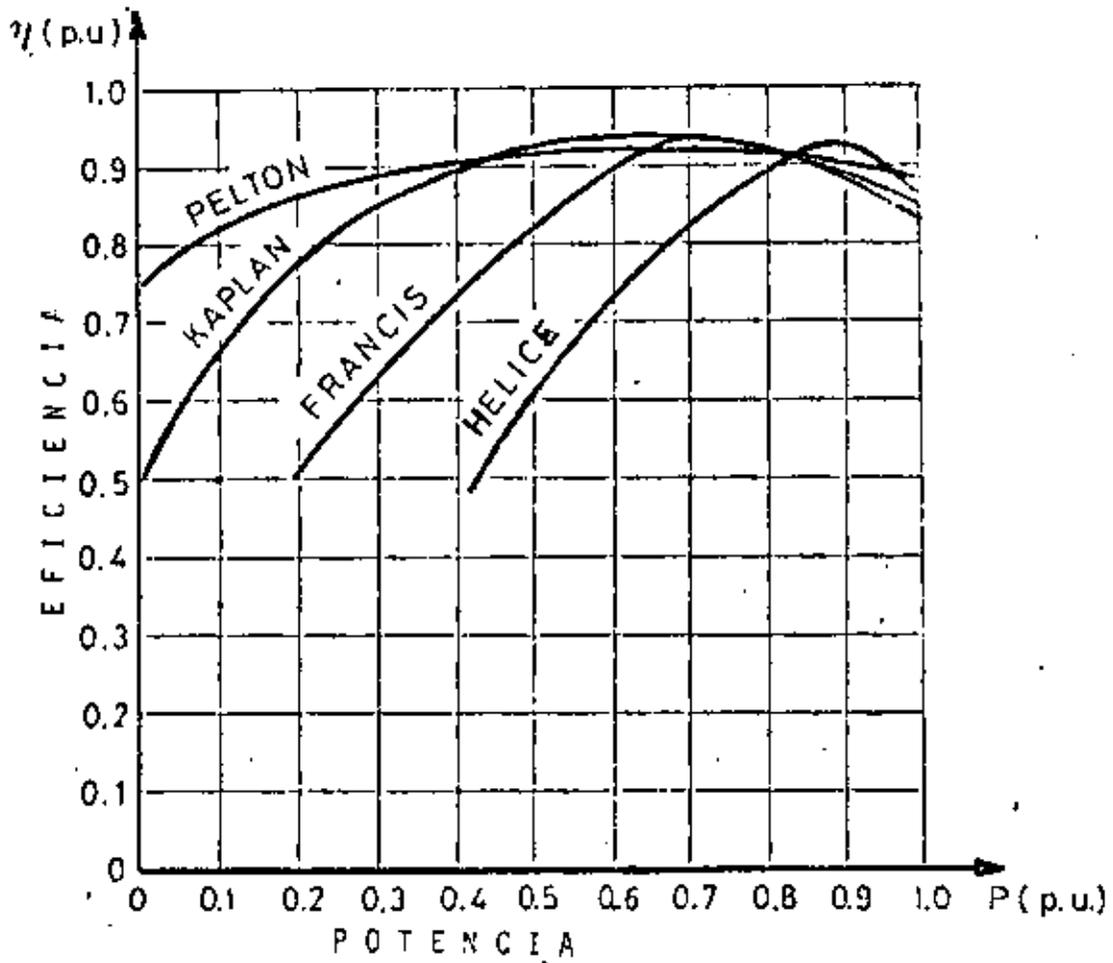


Figura III.9).- Curva típica de eficiencia de diversos tipos de turbina.

III.5.- Tubo de aspiración

El tubo de aspiración, llamado también difusor, se emplea para conducir hacia el canal o túnel de desfogue los volúmenes de agua liberados por una turbina de reacción, además, permite:

- 1.- Utilizar la diferencia de elevaciones entre el diámetro mínimo de descarga del rodete de la turbina y el nivel del agua en el desfogue, llamada altura estática de aspiración (H_s).
- 2.- Recuperar, por su forma de expansión gradual (difusor), parte de la energía cinética del agua a la salida de la turbina. La caída recuperable se denomina altura dinámica de aspiración.

D. Thoma, basado en experimentos efectuados en los laboratorios hidráulicos de los fabricantes de turbinas Escher Wyss y Voith, desarrolló la expresión que determina la altura de aspiración máxima permisible por cavitación; despreciando la altura dinámica se tiene:

$$H_s = H_b - \sigma H_d \quad \text{-----(III,24)}$$

en donde:

H_s = altura máxima permisible por cavitación, en m.

$H_b = H_a - H_v$ = presión barométrica

H_a = presión atmosférica del lugar

H_v = Presión de vaporización del agua correspondiente a su temperatura máxima.

H_d = caída de diseño (efectiva).

σ = coeficiente de cavitación (Thoma), adimensional.

El valor numérico del coeficiente de Thoma se determina experimentalmente en el laboratorio.

Existe una relación entre la velocidad específica y el coeficiente-

de Thoma:

$$\sigma = f(N_s) \quad \text{-----(III.25)}$$

su expresión matemática depende de la experiencia de cada fabricante.

En general el valor de σ se incrementa al aumentar N_s y de acuerdo con la ecuación (III.24), a mayor valor de σ , menor altura de aspiración permisible, en otras palabras, turbinas con mayor velocidad específica--deberán localizarse a menor distancia sobre el nivel del agua en el desfogue o sumergirse. .

Los fabricantes consideran al tubo de aspiración como parte de la turbina cuando determinan una eficiencia garantizada. Por esta razón el fabricante debe diseñar la forma y dimensiones del tubo de aspiración -- más convenientes, tomando en cuenta también las limitaciones y especificaciones estructurales de la obra.

III.6.- Velocidad síncrona.

Generalmente las turbinas se acoplan directamente a generadores sin cronos por lo que sus velocidades de rotación deben ser iguales.

En los generadores la velocidad de rotación síncrona es función del número de polos del rotor y de la frecuencia del sistema eléctrico al --cual debe interconectarse a la planta.

La velocidad síncrona se determina con la siguiente expresión:

$$N = 120f/p, \quad \text{en r.p.m.} \quad \text{-----(III.26)}$$

en donde:

f = frecuencia de la corriente alterna generada, en ----
ciclos/seg (Hz)

P = número de polos del generador.

Generalmente para tener una construcción sencilla del generador los fabricantes prefieren que el número de polos sea múltiplo de cuatro.

Para una frecuencia de 60 Hz:

$$n = 7200/p \quad \text{-----(III.27)}$$

$$p = 7200/n \quad \text{-----(III.28)}$$

Por lo anteriormente mencionado, la velocidad de rotación de la turbina debe ajustarse a la velocidad síncrona requerida en el generador y mantenerse constante para evitar fluctuaciones en la frecuencia de la corriente generada.

III.7.- Caída

Las turbinas se diseñan para ciertos valores de caída y gasto. Si esta caída cambia y las relaciones de similitud se conservan, la velocidad de la turbina deberá también variar. Como la velocidad de la turbina debe mantenerse constante e igual a la velocidad síncrona del generador para diferentes caídas netas, el valor de la eficiencia de la turbina se reduce; esta reducción depende de la relación de la caída neta considerada a la caída de diseño, así como de la cavitación.

III.7.1.- Definiciones.

- a).- Caída bruta (H_g), es la diferencia de elevaciones entre los niveles del agua en el vaso y el desfogue.
- b).- Caída neta (H_n), es la caída bruta menos todas las pérdidas excepto aquellas atribuidas a la turbina.
La caída neta es la caída disponible en la turbina.
- c).- Caída máxima (H_{max}), es la caída bruta que resulta de la diferencia entre el nivel máximo del agua en el vaso y el nivel del agua en el desfogue correspondiente al gasto de una turbina operando en vacío (el gasto en este caso es aproximadamente el 5% del gasto a potencia nominal).

- d).- Caída mínima (H_{\min}), es la caída neta resultante de la diferencia de elevaciones entre los niveles mínimos del agua en el vaso y el desfogue, menos las pérdidas correspondientes al gasto de todas las unidades operando con el distribuidor totalmente abierto.
- e).- Caída media pesada (H_m), es la caída neta determinada en los estudios de simulación de funcionamiento del vaso. Corresponde al promedio pesado de las caídas presentadas entre la máxima y la mínima, en todo el período analizado, a la cual la energía generada es igual a la generación media anual de la planta, en KWh.
- f).- Caída de diseño (H_d), es la caída neta para la cual se desea la máxima eficiencia. Esta debe elegirse de preferencia igual a la caída media pesada, tomando en cuenta que las caídas máxima y mínima no excedan los rangos permisibles de operación correspondiente de acuerdo al tipo de turbina.
- Esta caída determina las dimensiones de la turbina y por consiguiente de la planta hidroeléctrica.
- g).- Caída nominal (H_r), es la caída neta a la cual la potencia de la turbina, con el distribuidor totalmente abierto, es la suficiente para que el generador desarrolle la capacidad nominal en Kilowatts.

Las caídas de operación para las turbinas de reacción se ilustran en la figura III.10.

Cuando se trata de una turbina tipo Pelton, la caída neta antes definida debe reducirse en una cantidad igual a la diferencia de elevaciones entre el nivel del agua en la descarga y el punto más bajo de la circunferencia de paso de los cangilones del rodete. La circunferencia de-

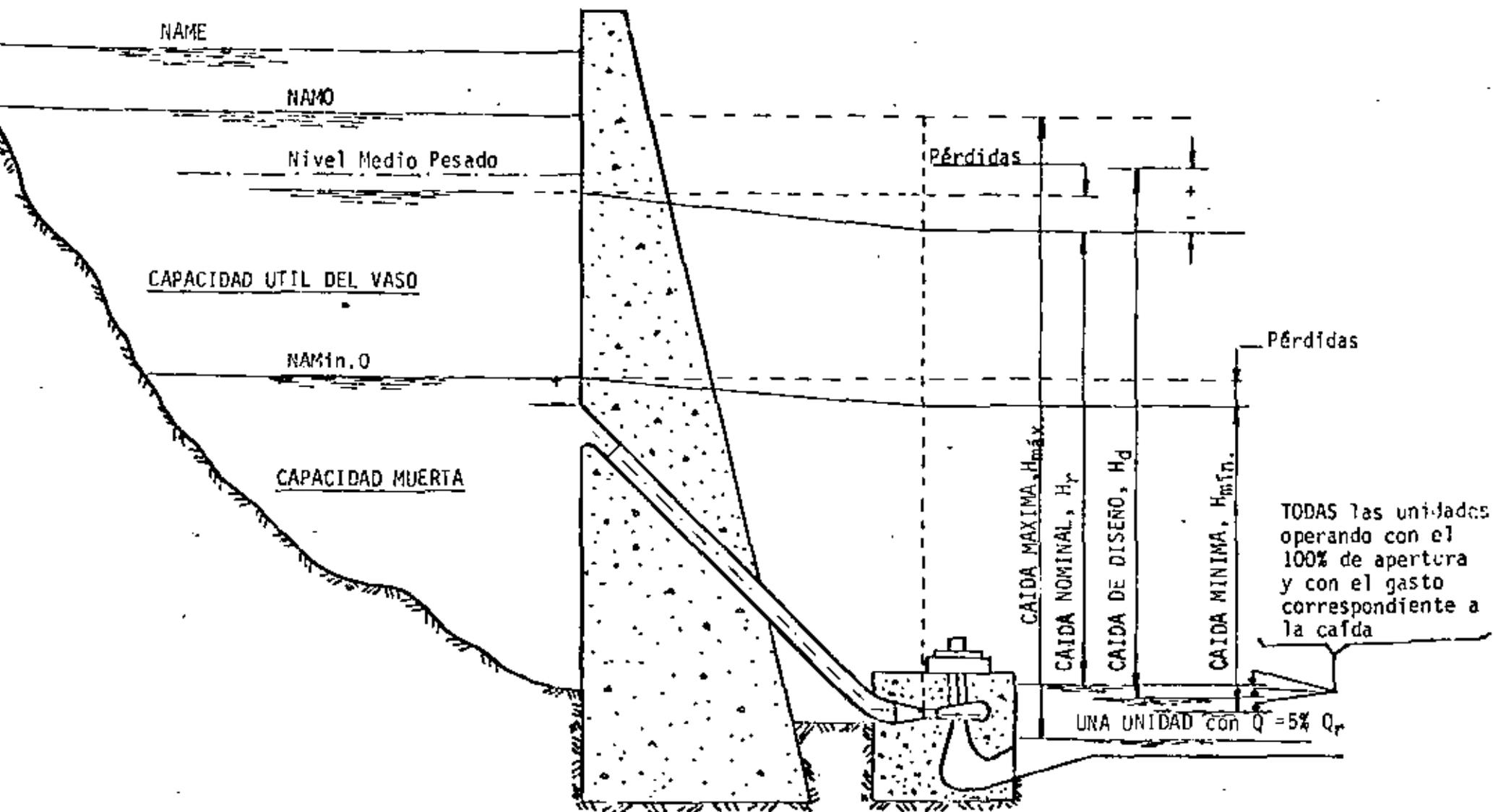


Figura III.10.- Caídas de operación para Turbinas de Reacción.

paso es tangente al eje del chorro.

III.7.2.- Rango de variación de la caída.

La relación de la velocidad periférica a la velocidad de caída libre del agua a la entrada del rodete, afecta la eficiencia y las características de cavitación. El rango de variación de la caída respecto a la caída de diseño, para la cual esta relación es óptima, se ha determinado experimentalmente como sigue:

Turbina tipo	Porcentaje respecto a H_d	
	Máximo	Mínimo
Francis	125	65
Hélice	110	90
Kaplan	125	65

III.8.- Potencia (Fig. III.10)

Desde el punto de vista de la turbina se pueden definir las potencias siguientes:

- 1.- Potencia de diseño, es aquella que la turbina desarrolla bajo la caída de diseño con el distribuidor totalmente abierto.
- 2.- Potencia nominal, es la potencia que la turbina desarrolla bajo la caída nominal con el distribuidor totalmente abierto.
- 3.- Potencia mínima, es aquella que la turbina desarrolla bajo la caída mínima con la apertura máxima del distribuidor.
- 4.- Potencia máxima, es aquella que la turbina es capaz de desarrollar bajo una caída mayor que la nominal; generalmente esta limitada por la capacidad nominal del generador.

III.9.- Curvas características de funcionamiento

El comportamiento de una turbina bajo diferentes condiciones de funcionamiento es posible determinarlo en el laboratorio hidráulico mediante un modelo reducido homólogo al prototipo.

En general el funcionamiento de una turbina se caracteriza por las siguientes variables:

- caída neta, (H)
- gasto, (Q)
- apertura del distribuidor, (ψ)
- ángulo de posición de los álabes del rodete (incidencia), (ϕ)
- velocidad de rotación, (N)
- eficiencia (η)

La potencia es una variable implícita:

$$P = f(Q, H, g, \eta)$$

En una turbina Pelton (ψ) corresponde a la apertura del chiflón, -- que viene dada por la posición de la aguja. En una turbina Francis (ϕ)-- permanece constante.

Las variables antes mencionadas son dependientes entre sí. En el -- modelo se simulan consecutivamente diferentes condiciones de funciona--- miento manteniendo cuatro variables a valor constante, lo que permite de-- terminar el valor de las otras dos restantes y calcular la potencia co-- rrespondiente, por lo tanto:

$$Q = f(H, N, \psi, \phi) \quad \text{-----(III.29)}$$

$$\eta = f(H, N, \psi, \phi) \quad \text{-----(III.30)}$$

$$P = \eta \kappa_2 QH \quad \text{-----(III.31)}$$

en donde κ_2 es una constante que depende del sistema de unidades emplea-- do.

Los resultados obtenidos en el modelo se acostumbra interpretarlos en término de las características de la turbina unitaria, así:

$$\psi = f(Q_u, N_u, \phi) \quad \text{-----(III.32)}$$

$$\eta = f(Q_u, N_u, \phi) \quad \text{-----(III.33)}$$

Los valores así determinados, se presentan gráficamente en un sistema de ejes cartesianos, constituyendo curvas características de funcionamiento de una turbina denominadas Diagramas de colinas de eficiencia (Fig. III.11, III.12 y III.13).

Se acostumbra complementar los diagramas con los valores constantes de la velocidad específica, así como, con las curvas que representan el coeficiente permisible de cavitación de Thoma.

Los diagramas de colinas de eficiencia se trazan en función de N_u y Q_u o de N_u y P_u y permiten determinar las características del prototipo bajo cualquier condición de operación.

III.10.- Velocidad de desboque

También llamada velocidad de fuga, es la velocidad que adquiere la turbina, operando con el distribuidor totalmente abierto, cuando el generador se desconecta del sistema eléctrico y el gobernador no funciona.

La máxima velocidad de fuga ($N_{f\text{máx}}$) se presenta a carga máxima ($H_{\text{máx}}$), se determina con la siguiente expresión:

$$N_{f\text{máx}} = N_f \left(\frac{H_{\text{máx}}}{H_d} \right)^{\frac{1}{2}}$$

Esta velocidad no debe exceder un valor límite, depende del diseño de la turbina así como del generador y varía de un fabricante a otro.

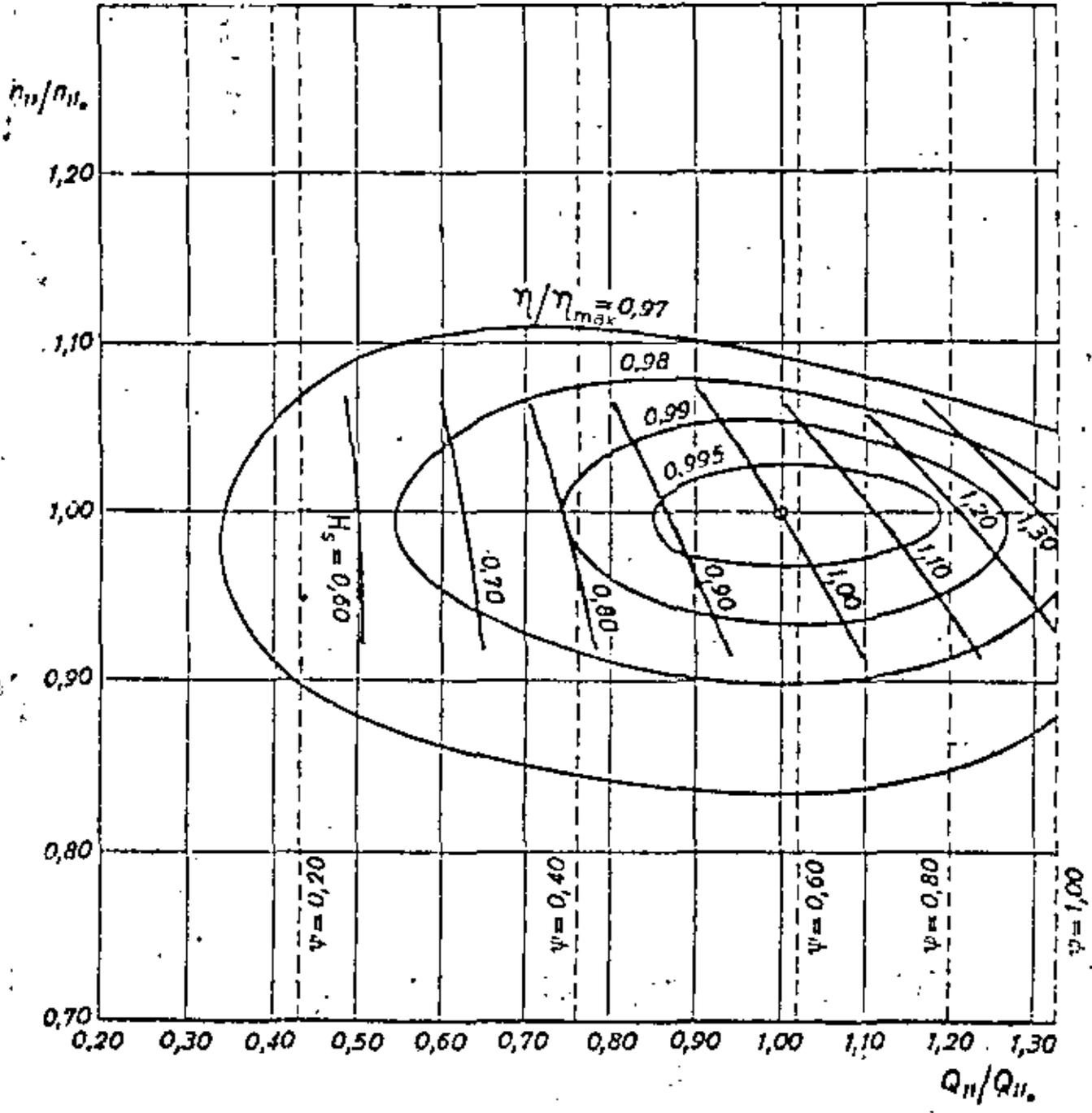


Figura III.11.- DIAGRAMA DE COLINAS DE EFICIENCIA DE UNA TURBINA PELTON.

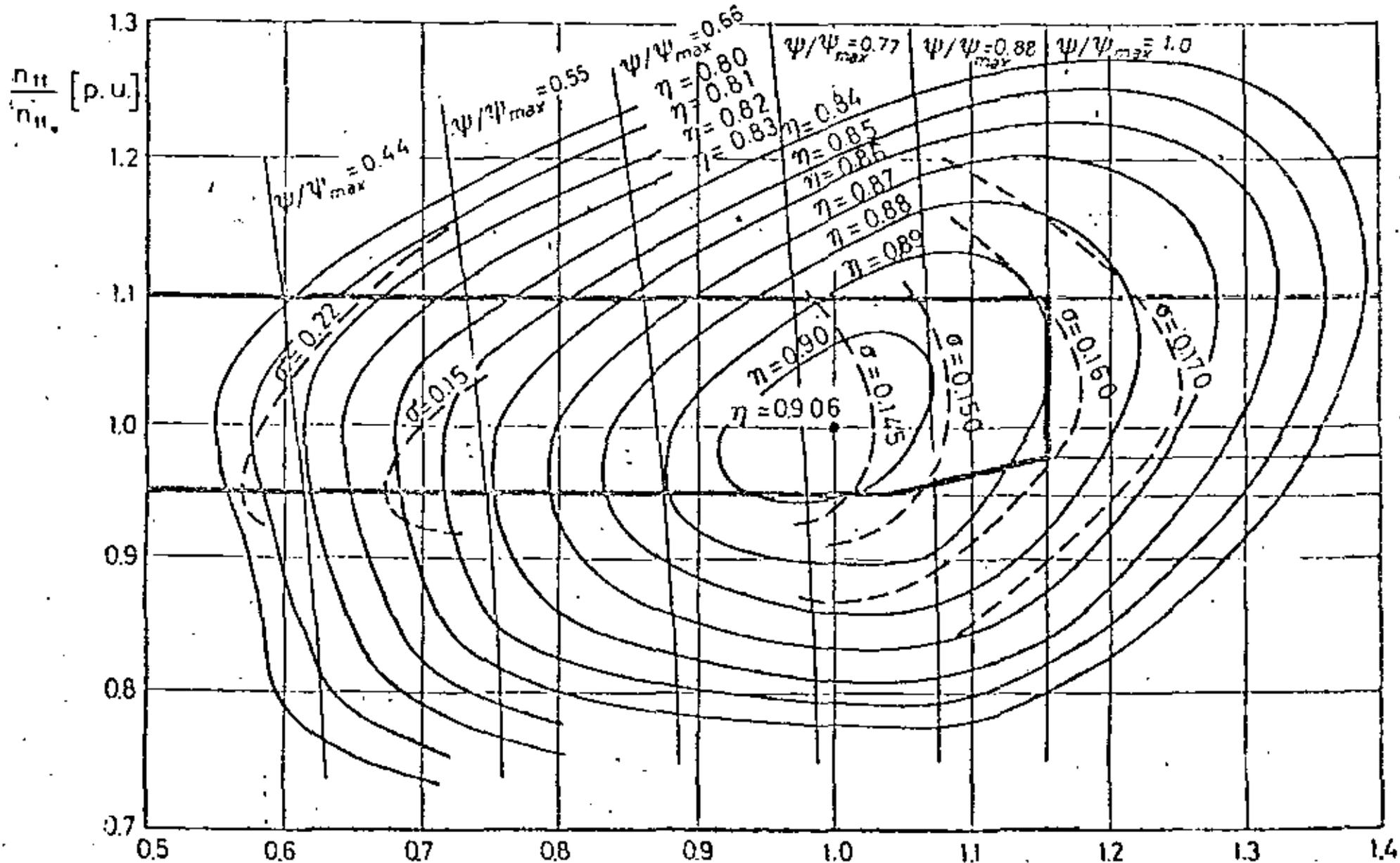


Figura III.12.- DIAGRAMA DE COLINAS DE EFICIENCIA DE UNA TURBINA TIPO FRANCIS.

$\frac{Q_{II}}{Q_{II_0}}$ [p.u.]

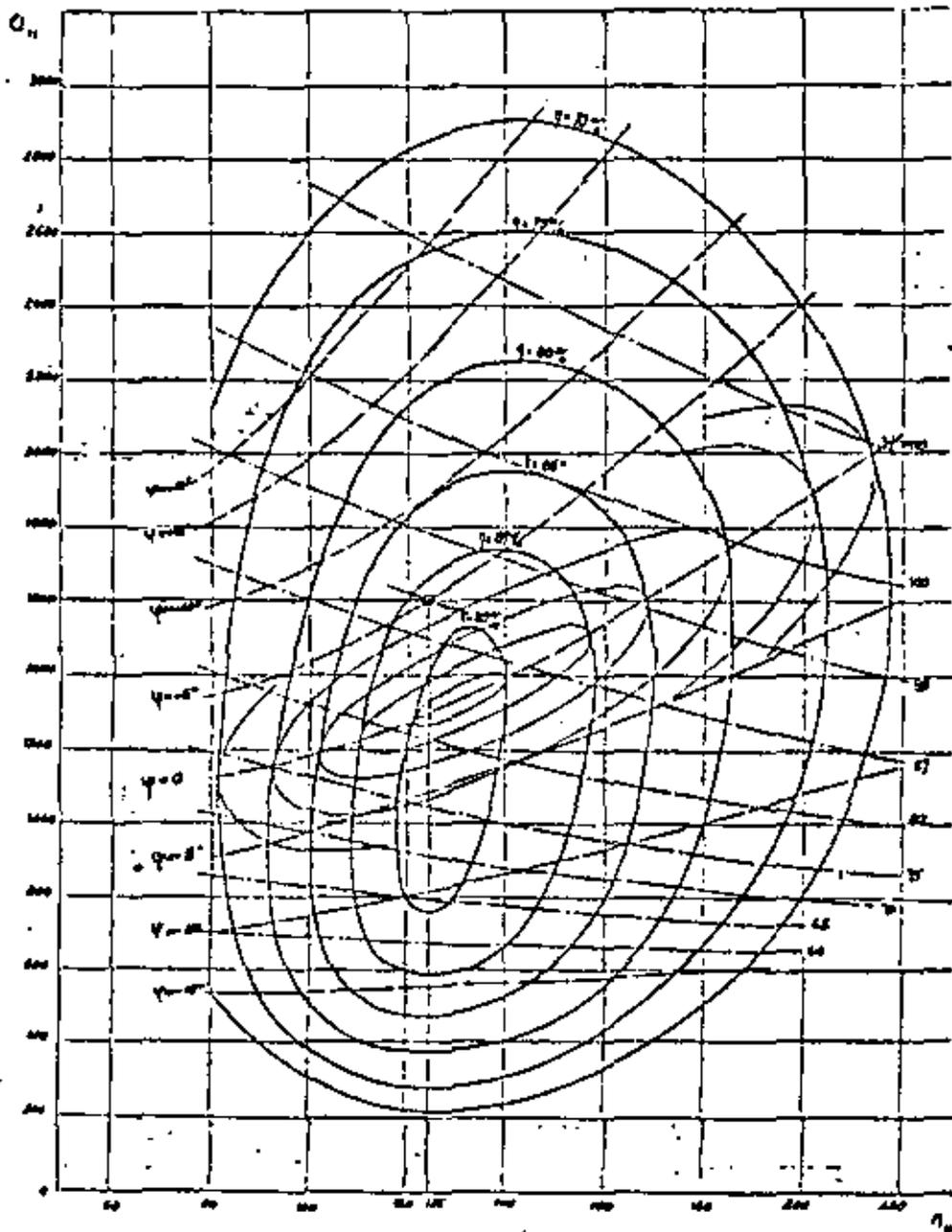


Figura III.13.- DIAGRAMA DE COLINAS DE EFICIENCIA DE UNA TURBINA TIPO KAPLAN.

IV.- INFORMACION GENERAL REQUERIDA

En la planeación de un aprovechamiento hidroeléctrico deben en general considerarse aspectos técnicos, económicos y sociales. Refiriéndonos a los dos primeros, las características propias del sitio y las del sistema eléctrico al cual deberá interconectarse la planta hidroeléctrica, constituyen básicamente los principales factores por analizar.

1.- Principales características del sitio

- Localización geográfica; ubicación e influencia mutua -- con otras obras en operación, construcción o en etapa de planeación.
- Hidrológicas, topográficas y geológicas.
- Relaciones entre niveles-áreas-capacidades del vaso.
- Restricciones o limitaciones impuestas por otro tipo de aprovechamiento hidráulico, como por ejemplo, niveles y ley de extracciones de volúmenes de agua del vaso para satisfacer el riego y/o la navegación.
- Elevaciones-gastos en la zona de desfoque de las turbinas.

2.- Principales características del sistema eléctrico.

- Gráficas típicas de demanda
- Requerimientos de potencia y generación
- Duración del pico de la demanda
- Tipo y capacidad de las plantas que integran el sistema
- Características de estabilidad eléctrica del sistema
- Tipo y características de las líneas de transmisión y -- subestaciones.
- Valor económico de la potencia y generación

La selección del tipo, número y tamaño de las unidades turbo-generadoras que deberán instalarse, así como, las características de las estructuras que integran el desarrollo hidroeléctrico, dependen de los factores anteriormente señalados para lograr el mejor aprovechamiento del agua dentro de ciertos límites económicos impuestos por el sistema eléctrico.

V.- SELECCION DE LA TURBINA

Considerando un desarrollo con presa de almacenamiento, el análisis de la información hidrológica conjuntamente con las características topográficas (curva-elevaciones-áreas-capacidades del vaso) permite determinar, dentro de límites económicos, la altura de la cortina más adecuada para lograr el mejor aprovechamiento del agua, es decir, definida la capacidad útil implícitamente se definen los niveles máximo y mínimo de operación y el gasto medio aprovechable (Q_m).

Los estudios de funcionamiento del vaso permiten estimar la potencia media y generación media anual disponible en un sitio en particular. El porcentaje de la potencia disponible que puede ser económicamente desarrollado depende de las limitaciones impuestas por las turbinas y las estructuras auxiliares.

V.1.- Definiciones

Desde el punto de vista de la planta hidroeléctrica deben definirse los conceptos siguientes:

Potencia firme.- Es aquella que la planta puede suministrar en forma continua durante un periodo de tiempo determinado.

Potencia garantizada.- Es la potencia máxima que la planta puede suministrar cuando las turbinas operan bajo la caída mínima.

Potencia instalada ó nominal.- Es aquella que la planta puede suministrar cuando las turbinas operan bajo la caída nominal. Corresponde a la suma de la capacidad de placa o nominal de los generadores de la planta, se expresa en KW o KVA.

Potencia máxima ó sobrepotencia.- Es la potencia que la planta puede suministrar cuando las turbinas operan bajo una caída mayor que la caída nominal y corresponde en general aproximadamente al 1.15 de la potencia nominal. Considerando que los generadores pueden en caso necesario operar durante los períodos cortos a una potencia 10 ó 15% mayor que la nominal, soportando temperaturas mayores que la correspondiente a una operación continua.

Potencia media de la planta.- Es la desarrollada por los generadores cuando las turbinas operan bajo la caída media pesada utilizando el gasto medio aprovechable.

Factor de planta (Fp).- Es la relación de la potencia media a la potencia instalada.

En general la potencia de la planta es:

$$P = n P_g = n \eta_2 P_t \quad \text{-----(V.1)}$$

$$P = n \eta_1 \eta_2 \kappa_2 QH \quad \text{-----(V.2)}$$

donde:

n = número de unidades

P_g = potencia del generador

P_t = potencia de la turbina

η_1 = eficiencia de la turbina

η_2 = eficiencia del generador

κ_2 = constante

H_n = caída neta = $\eta_3 H_g$

η_3 = eficiencia de la conducción,

H_g = caída bruta

V.2.- Número de unidades.

Determinar el número de unidades en una planta hidroeléctrica requiere de consideraciones técnico- económicas.

Para una potencia instalada dada, los costos totales capitalizados de la planta crecen a medida que aumenta el número de unidades.

De preferencia las unidades deben ser del mismo tipo e igual capacidad, para reducir al mínimo la inversión inicial y el mantenimiento.

Cuando se trata de plantas aisladas (no-interconectadas), el número mínimo de unidades deberá ser dos, a fin de contar por lo menos con el 50% de la capacidad instalada en caso de una descompostura y/o mantenimiento.

Desde el punto de vista de máxima capacidad deberá tomarse en cuenta las experiencias internacionales así como las restricciones para manufactura, transporte y montaje.

Generalmente, plantas con dos a cuatro unidades se adaptan suficientemente bien a las variaciones de gasto y carga usuales y su gasto es aproximadamente el mínimo.

La tendencia actual es emplear un número reducido de unidades de gran capacidad, ya que éstas tienen mejores eficiencias y se logran considerables economías de escala.

V.3.- Procedimiento

El procedimiento que a continuación se expone permite determinar las características de las turbinas, válidas para estudios preliminares en etapa de factibilidad ; se basa en las tendencias actuales de un gran número de fabricantes, determinadas estadísticamente por F. de Siervo y F. de Leva.

El procedimiento es el siguiente:

- 1.- Tipo: De la figura V.1, en función de la caída de diseño y del gasto de diseño por unidad, se selecciona el(los) tipo(s) de turbina(s) más conveniente(s)
- 2.- Velocidad específica aproximada (N'_g): De la figura V.2, se obtiene esta velocidad aproximada en función de la caída de diseño y del tipo de turbina. (valores estadísticos)
- 3.- Velocidad de rotación aproximada (N'):

$$N' = N'_g \frac{P_d^{-1/4}}{H_d} H_d^{5/4}$$

donde N' = velocidad de rotación aproximada, en rpm.

N'_g = velocidad específica aproximada

H_d = caída de diseño (neta), en m.

P_d = potencia de diseño de la turbina, con apertura total del distribuidor, en kilowatts (KW)

- 4.- Número de polos del generador (p):

Para una frecuencia de 60Hz. el número aproximado de polos del generador es:

$$p' = 7200 / N'$$

Como el valor de p debe ser múltiplo de 4 y entero, p' debe ajustarse con el siguiente criterio:

si el rango de caídas varía menos del 10% de la caída de diseño, p' se ajusta al valor inmediato inferior; en caso contrario, p' se ajusta al valor inmediato superior.

5.- Velocidad de rotación (N):

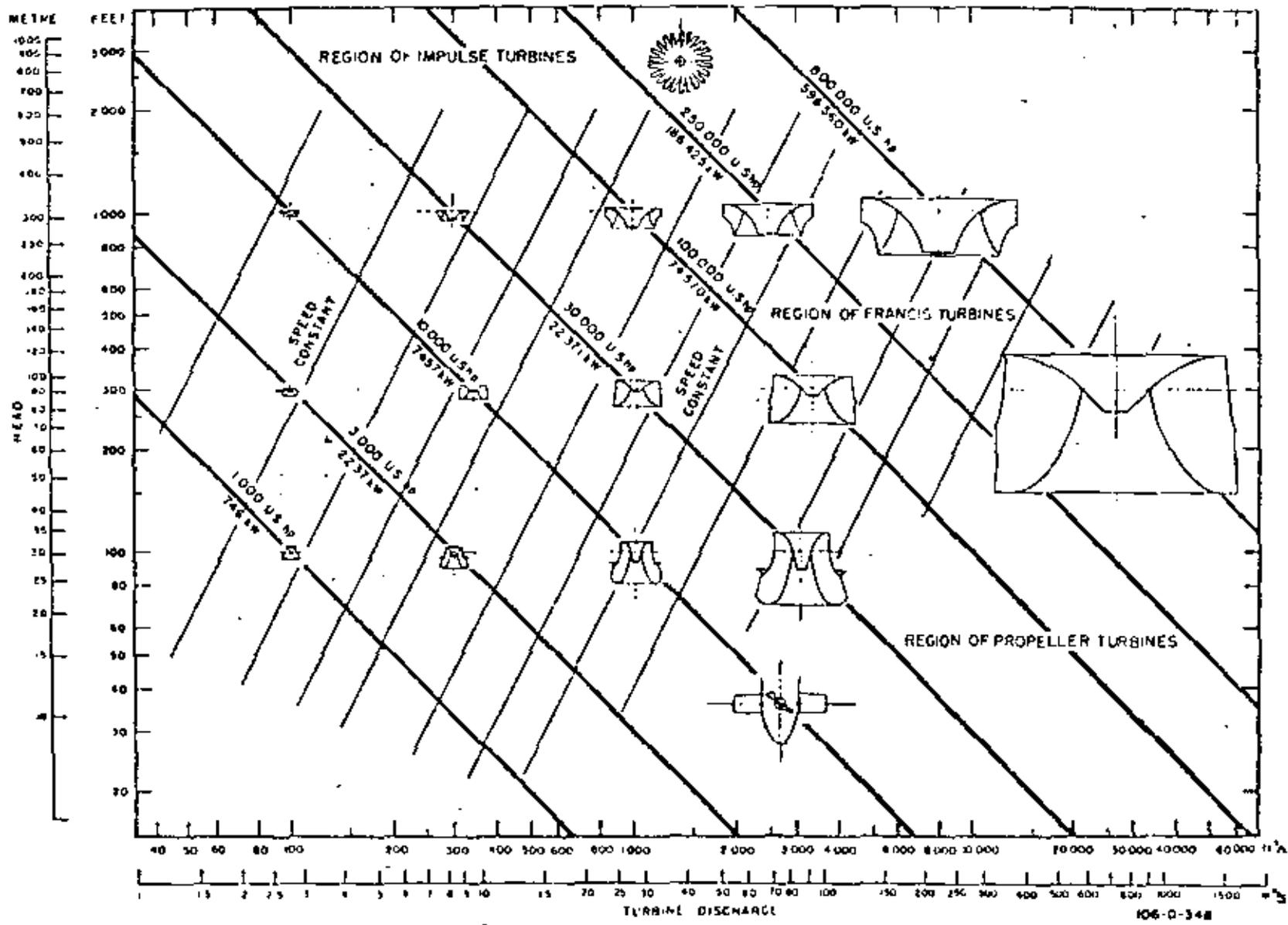
$$N = 7200 / p, \text{ en rpm.}$$

6.- Velocidad específica de diseño (Ns):

$$N_s = N P_d^{1/4} H_d^{-5/4}$$

El valor de este parámetro corresponde al coeficiente característico (K) de la turbina, a partir de este se determinan todas las características y dimensiones de la máquina.

CAIDA



106-C-34B

GASTO DE LA TURBINA

FIGURA V.1.- TIPO DE TURBINA EN FUNCION DE LA CAIDA (H) Y DEL GASTO (Q).- SELECCION DEL TIPO

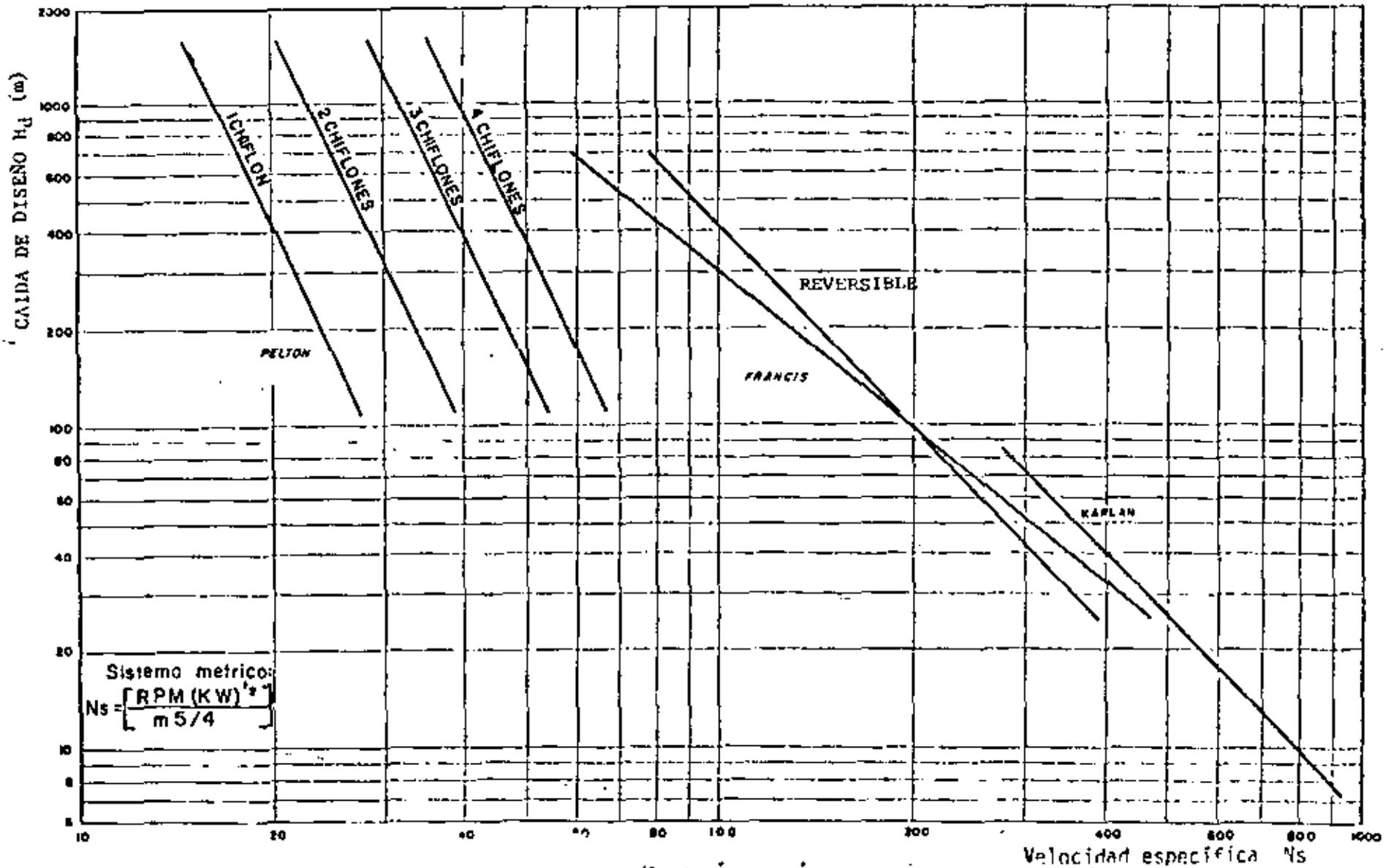


FIG.V.2.- Curva Caída - Velocidad específica para diferentes tipos de turbinas

1871

1872

1873

1874

1875

1876

1877

1878

1879

1880

1881

1882

1883

1884

1885

1886

1887

1888

1889

1890

1891

1892

1893

1894

1895

1896

1897

1898

1899

1900



centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam



PLANEACION, DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PRESAS

MODERN TRENDS IN SELECTING AND DESIGNING KAPLAN TURBINES.

MODERN TRENDS IN SELECTING AND DESIGNING PELTON TURBINES.

MARZO, 1980.



Modern trends in selecting and designing Pelton turbines

By F. de Siervo and A. Lugaresi
Chief* and Senior Engineer*

This article presents the results of an extensive statistical investigation made on more than 90 Pelton turbines manufactured all over the world and completes a *ri*-search on conventional hydraulic turbines of which the first part on Francis and the second part on Kaplan were published respectively in the August 1976 and December 1977 issues of this journal^{1,2}.

IN THE FOLLOWING, several considerations that are common to Pelton, Kaplan and Francis turbines are omitted for simplicity; the authors suggest that a better understanding of the present subject will be achieved by making reference to the previous articles on Francis and Kaplan machines mentioned above.

Emphasis is given to multi-jet, vertical-type Pelton turbines because of their prevalence in high capacity applications; horizontal machines are considered only for specific speed and main wheel dimensions.

The collected data show a trend towards the use of machines with capacities of 300 MW, or more, and with wheel diameters up to about 5.5 m.

The research covers, with some exceptions, the period between 1960 and 1977.

Table I gives the main features of the installations investigated as taken from the references, while the diagrams are based on the project data and dimensions collected by an extensive enquiry as was made for Kaplan turbines.

The curves were drawn by the simple regression procedure adopted in the previous studies.

General selection criteria

The same characteristic constant used for Francis and Kaplan turbines is adopted for the Pelton turbines:

$$n_s = n P_j^{0.25} H_d^{-1.25} \quad (1)$$

where P_j is the rated capacity of the turbine.

The Pelton impulse turbine differs considerably from the Francis and Kaplan reaction turbines considered in the previous articles, being a partial-admission machine in which the hydraulic energy is transmitted to the wheel by a discrete number of nozzles independent from each other. Consequently the main hydrodynamic characteristics of the turbine has to be referred to one jet only. The specific speed n_{sj} relevant to one jet is then introduced:

$$n_{sj} = n (P_j)^{0.25} H_d^{-1.25} \quad (2)$$

and the statistical relationship

$$n_{sj} = n_{sj}(H_d) \quad (3)$$

is sought between the one-jet specific speed and the design head.

The available data have been divided into two groups, depending on the year of design of the turbines.

This gives the two regression curves indicated on the left-hand side of Fig. 1, which are described as follows:

$$1960-1964 \quad n_{sj} = 78.63 H_d^{-0.210}$$

$$1965-1977 \quad n_{sj} = 85.49 H_d^{-0.210}$$

The correlation coefficients and the standard deviations are respectively:

*Hydro-Mechanical Department, Electroconsult, 20137 Monza, Italy

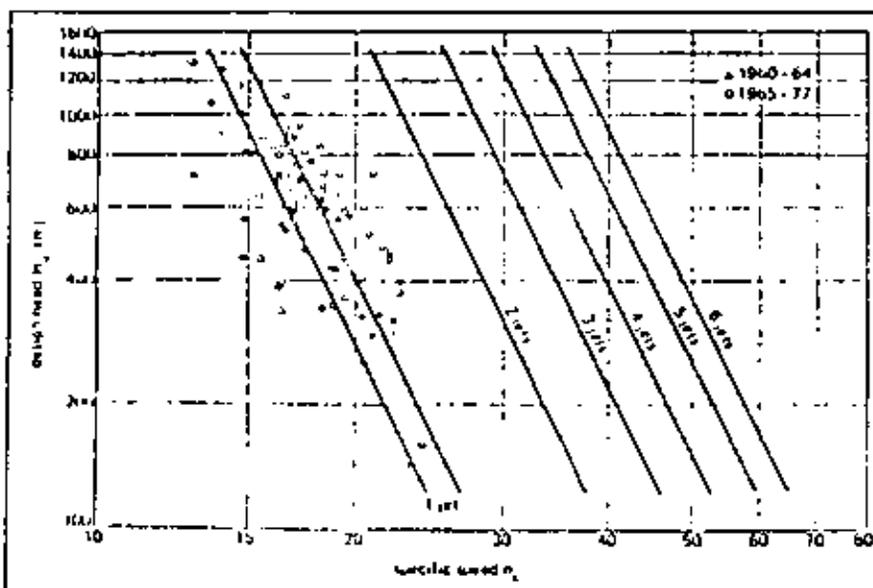


Fig. 1. Specific speed versus design head for number of jets ranging between 1 and 6. Curves for 1 jet are drawn for two groups of machines depending on the year of design

Notations*

- D_1 = Wheel pitch diameter (m)
- D_2 = Jet diameter (m)
- H_s = Turbine net design head (m)
- A_p = Runner peripheral velocity coefficient
- H_s = Distance between wheel centreline and maximum water level within the casing (m)
- n = Turbine rotation frequency (rev/min)
- n_f = Turbine runaway rotation frequency (rev/min)
- n_s = Turbine specific speed
- n_u = Turbine specific speed per jet
- l = Number of jets
- η = Turbine efficiency (p.u.)
- ϕ = Jet efficiency (p.u.)
- P_r = Turbine rated capacity (kW)
- Q = Turbine rated flow (m³/s)
- v = Water velocity at spiral case inlet (m/s)
- r = Statistical curve correlation coefficient
- s = Statistical curve standard deviation
- g = Gravitational acceleration (m/s²)

(*): For notations relevant to the machine main dimensions refer to the relevant figures.

$$r = -0.50 \quad s = 2.75$$

$$r = -0.70 \quad s = 1.65$$

these show a high degree of grouping of the data related to the chosen interpolating function. The trend to increase the n_u value for a given head is evident between the two periods indicated.

Contrary to the procedure adopted for the studies on Francis and Kaplan turbines, it was not possible to split

the data relevant to the period 1965-1977 into two different groups, because no significant trend towards a higher n_u was evident. This is mainly because Pelton turbines are hydraulically simpler than reaction turbines and their design, in the last ten years, has probably come closer to the optimum than for Francis and Kaplan.

It is worth mentioning that a conspicuous reduction of the overall dimensions of Pelton turbines has been achieved recently by increasing the number of nozzles following thorough investigations into the related mechanical problems and on the interactions between the jets. In fact the percentages of 5 and 6 nozzle turbines out of the total number considered are .25 and .46 respectively for the two periods of time indicated.

The right-hand side of Fig. 1 shows the n_u values as a function of H_s for turbines with up to 6 nozzles. By comparing the n_u for turbines in Fig. 1 for the 6 nozzle turbines with the n_u relevant to Francis machines for the same period, one sees that in the overlapping area (H_s ranging between 200 and 600) the specific speed is clearly lower for Pelton while the slope is higher.

The lower n_u values are a consequence of the partial admission of the machine. Investigations have been made with the aim of increasing the specific speed, n_u , of Pelton turbines further; the solution proposed envisages installing two wheels on the same vertical shaft with nozzles fed by only one spiral distributor¹⁴.

Fig. 2 compares the $n_u = n_s / (H_s)^{1/2}$ curve of Fig. 1 of the period 1965-1977 with similar curves taken from the references^{1,2}. Curves 2 and 3 of Fig. 2 show, in the field of low heads, n_u values higher than those given by the

Table 1—Pelton turbines at major hydro schemes

Powerplant	Manufacturer	Year	Head (m)	Capacity (kW)	Rotation frequency (rev/min)	Powerplant	Manufacturer	Year	Head (m)	Capacity (kW)	Rotation frequency (rev/min)
Anguipava I	Fuji	1959	342.18	12.2	514	Alaurayel	Charmilles	1965	425	127	500
Antonia II	Fuji	1965	314.8	12.1	514	Mayabalen	Yachi	1965	470	61.1	172
Ayala	Kvaerner Brug	1967	455	21.33	500	Mt. Cloud Pt (1)	Bl. H. Vuost-Alpine	1963	340	76.47	240
Aurand	Kvaerner Brug	1969	440	242.65	375	Madalena	Yachi	1963	559	41.15	400
Aussel/Argentan II	Vuost-Alpine	1964	463	28.97	500	Miyagawa III	Fuji	1960	477.179	12.5	730
Aussel/Argentan III	Vuost-Alpine	1976	485	36.76	500	Muccato	Hitachi	1968	368.2	55.5	300
Bardonecchia	Fuji	1961	319	22.2	450	Mom. Cans. (2)	Neyric	1963	369	260	175
Bassa	Charmilles	1976	476	60.319	426.6	Montano	Riva Calzoni	1962	394	125	478
Bovona	Escher Wyss	1962	366	36.2	426.6	Moore	Fuji	1956	453	12.6	120
Braich	Charmilles	1957	357	105.1	375	Nacash	Fuji	1957	255	16.8	400
Budrefossen	Kvaerner Brug	1969	353	36.76	600	Nam Phum	Fuji	1970	371	21	429
Bushbach III	Yachi	1971	145	1.87	375	Natura	Yachi	1960	1129	60.61	500
Burgom	Kvaerner Brug	1971	350	94.91	500	Naxos	Charmilles	1964	1004	67.6	510
Chover	Riva Calzoni	1972	401.5	134.5	450	New Colgate	Yachi	1968	413	167	180
Combe d'Arrens	Neyric	1972	337	131.25	500	Onyama	Fuji	1961	336	16.3	620
Costabissara II	Bl. H. Vuost-Alpine	1962	450	18.6	450	Paute	Hydram	1971	667	116	360
El Culego II	Yachi	1967	945	27.2	514	Pescara del Santa	Bl. H. Vuost-Alpine	1961	768	51.6	430
El Turo	Charmilles	1957	557	121.2	375	Pozzolo	Fuji	1974	629.06	60.1	600
Ezcal	Escher Wyss	1969	473	45	500	Rabson	Yachi	1963	382	79.1	740
Evangel	Kvaerner Brug	1965	790	110.29	500	Rav Lando	Hitachi	1970	465	34.416	650
Fronay	Charmilles	1970	430	56.78	426.6	Santa Isabel	Yachi	1969	340	18.4	790
Fisher	Fuji	1968	610	46	500	S. Estrella I	Arvaldo F. Tosi	1967	1403.8	140	510
Fouillard	Escher Wyss	1969	161.50	10.68	327.3	S. Estrella II	Arvaldo F. Tosi	1969	1401.4	139.66	600
Grosjean III	Francis Test	1963	600	107.1	375	Steffens Silz	Escher Wyss	1976	1213.06	241.9	500
Grosjean	Kvaerner Brug	1971	930	145.10	500	Stra II	Kvaerner Brug	1964	645	91.91	500
Grosholtz	Hitachi	1964	554	22.7	450	Shimizu	Kvaerner Brug	1969	585	102.94	478
Grosjean	Escher Wyss	1963	636	78.2	514.1	Steyr	Charmilles	1972	672	55.4	500
Hohle	Neyric	1969	660	134.4	375	Sy-Sima	Kvaerner Brug	1974	465	114.71	360
Jambougnant	Escher Wyss	1964	5177	32.9	798	Talbotville	Neyric	1961	471	15.76	500
Juven Maromala	Neyric	1967	652.5	23.58	600	Lapointe	Neyric	1969	450	15.29	450
Kambour	Yachi	1961	890	78.73	500	Lampugnani	Francis Test	1972	716.08	67.5	500
Kanda (or I)	Neyric	1965	548	26.18	500	Larches	Fuji	1976	292	16	400
Kapa	Yachi	1965	760	85.1	500	Lombard	Mitsubishi	1965	596.42	27.1	600
Kandah II	Charmilles	1975	713.24	36.76	426.6	Lysa II	Escher Wyss	1964	720	97	500
Kandah III	Charmilles	1975	418.64	65.21	375.1	Madal I	Kvaerner Brug	1964	565	47.06	500
Karabagaya IV	Fuji	1974	563	86.5	500	Nantou I	Vuost-Alpine	1959	310	2.21	450
Karabagaya IV	Hitachi	1971	563	89.5	500	Nantou II	Vuost-Alpine	1970	308	6.85	500
Karabagaya IV	Fuji	1965	462	27.6	600	Naxos	Charmilles	1964	610	21	500
Lago di Corno	Arvaldo F. Tosi	1967	131.65	126.8	500	Naxos	Neyric	1968	672	61.97	600
Lago di Corno	Riva Calzoni	1967	543.98	122.92	500	Naxos II	Vuost-Alpine	1965	650	1.46	1600
Lago di Corno	Kvaerner Brug	1975	1126	242.65	426	Wadagawa II	Fuji	1958	430	61.4	500
Lago di Corno	Riva Calzoni	1962	467.14	55.15	500	Wadagawa IV	Vuost-Alpine	1967	365	29.89	500
Lago di Corno	Hitachi	1966	545.1	85.6	200	Wadagawa V	Vuost-Alpine	1976	485	16.76	500
Lago di Corno	Neyric	1968	364	167.5	375	Ypa	Kvaerner Brug	1971	670	64.71	500
Maha	Yachi	1971	1050	181.2	500						
Manara	Arvaldo	1968	850	12.15	450						

curve derived by the authors, even though they are relevant to older machines. The references listed in Fig. 2 do not indicate the characteristics of the machines on which curves 2 and 3 are based, thus hampering the comparison with curve 1 which refers mainly to vertical shaft, multi-jet turbines.

As for Francis and Kaplan turbines, the curves given in Fig. 1 should be taken with some degree of caution, adapting the value of n_s to the particular characteristics of the installations. Economic considerations lead to the choice of the highest possible n_s value, for a given head which corresponds to a six-nozzle turbine, to minimize dimensions and costs of both electro-mechanical equipment and civil works. On the other hand limitations to this choice may be imposed by mechanical design factors such as the maximum allowable peripheral velocity of the generator rotor or the minimum feasible sizing of the Pelton turbine. This is particularly evident in the field of high head machines for which these considerations are binding for high and low capacities, respectively.

Once the value of n_s is decided from Fig. 1, the best rotation frequency is determined by Eq. (1); the rated frequency of the turbine will coincide with one of the synchronous frequencies nearest to the ideal one. For large, low-head turbines the trend will be to choose the higher frequency to reduce dimensions and costs while for high-head machines the choice may be influenced by the same design consideration as stated before.

The selected synchronous frequency will then determine the actual n_s value to be used for operating on the subsequent diagrams.

Another highly characteristic constant is commonly used for Pelton turbines, is the ratio D/D_2 of the jet diameter to the wheel pitch diameter.

Propositions developed later in this article show that this constant virtually determines the main geometrical characteristics of the machine. D/D_2 is strictly related to the specific speed per jet, n_j . This can be easily demonstrated by introducing the following relationships:

• peripheral velocity coefficient:

$$k_u = \pi D_2 n / [60 \sqrt{2gH_s}] \quad \dots (5)$$

• capacity equation:

$$P = 9.81 \eta_j I_s Q = 9.81 \eta_j H_s i (\pi D / 4) \phi \sqrt{2gH_s} \quad \dots (6)$$

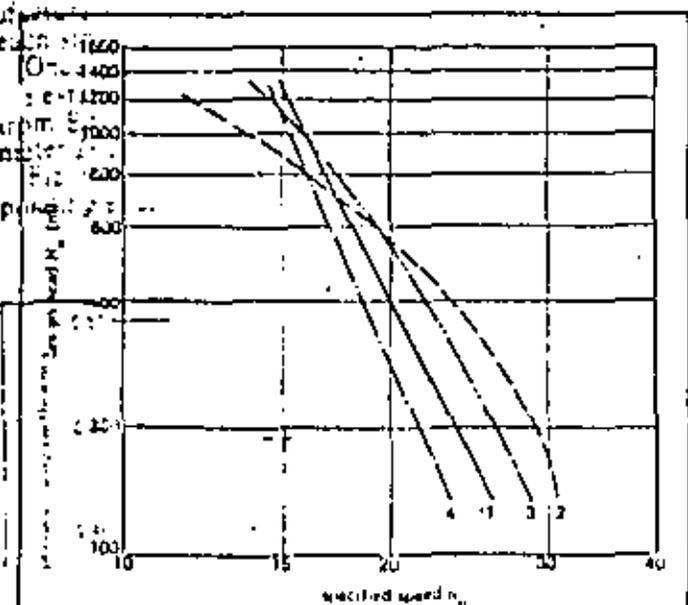


Fig. 2. Specific speed versus design head from different sources. Curve 1 is derived from Fig. 1; curve 2 is taken from reference 7; curve 3 is taken from reference 5; and curve 4 is taken from reference 6.

where ϕ represents the jet efficiency defined as the ratio of the actual water velocity to the spouting velocity.

By substituting Eqs. (5) and (6) in Eq. (2) one obtains:

$$n_j = 494.2 K_u (D/D_2) \sqrt{\eta \phi} \quad \dots (7)$$

and, assuming the values of 0.89 and 0.976 for η and ϕ respectively, which are considered representative of a broad field of real cases, one obtains:

$$n_j = 460.6 K_u (D/D_2) \quad \dots (8)$$

Considering the limited variations of K_u that will be detailed later on, the relationship between n_j and D_2/D_2 is evident.

The elevation of the turbine above the tailrace water level is determined by the necessity to avoid any interference between the wheel and the agitated water surface within the turbine casing, during both steady state operation and during transients. The parameter H_1 is then introduced, being the distance between the wheel centreline and the maximum water level within the casing in steady conditions.

According to the literature^{8,9}, the value of H_1 depends basically on the total turbine discharge Q , and increases with it. On the other hand the data examined show that for a given discharge Q , the value of this increases with the net head H_s of the machine. Probably this phenomenon can be ascribed to the ventilation effect which is stronger for high head turbines because of their higher frequency of rotation, other conditions being equal. Considering the preceding, the best correlation from the examined data has been found by plotting the H_1 values versus the ratio of Q to n_s , as indicated in Fig. 3.

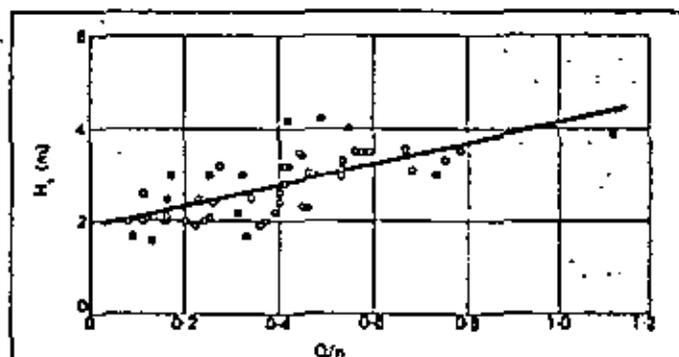


Fig. 3. Clearance between wheel and centreline and casing water level.

The interpolating function is:

$$H_1 = 1.87 + 2.24 Q/n_s \quad \dots (9)$$

where

$$r = 0.67, \text{ and } s = 0.52$$

The considerable scattering of the data shown by Fig. 3 is related to several factors, among which the most important are:

- turbine installation levels imposed by the owner;
- water level variations during transients, particularly in case of long tailrace channels; and,
- different solutions for the aeration of the casing.

The runaway coefficient n_r/n_s , the ratio of the runaway rotation frequency to the rated one, which is necessary to define the design of the electric generator, is expressed as a function of n_s in Fig. 4. No interpolating function is indicated because of the very high scattering of the data collected. Different choices of the independent variable

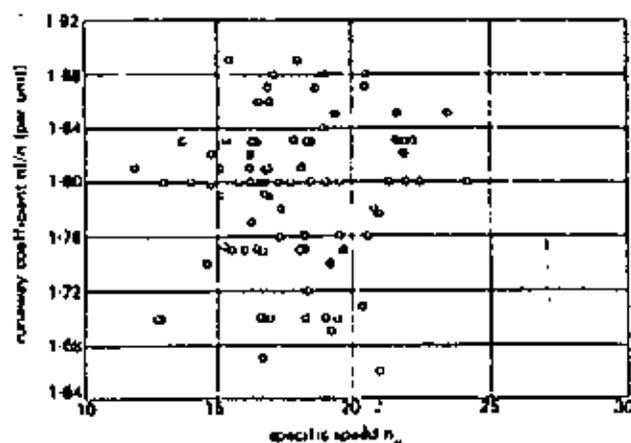


Fig. 4. Ratio between runaway and rated frequency of rotation versus specific speed.

have been checked with no improvement to the results. The most likely origin of this scattering must be attributed to the considerable variation of the runaway rotation frequency with the number of jets in operation. Head variations and ventilation effects amplify the dispersion. Fig. 4 shows that more than 50 per cent of the data examined are confined within the range 1.76 to 1.84, which can be considered satisfactory for preliminary estimation.

Wheel dimensions

The runner's main dimensions are determined by the peripheral velocity coefficient K_u , already defined in Eq. (5).

The function $K_u = K_u(n_u)$, calculated by correlating the available data, is

$$K_u = 0.5445 - 0.0039n_u \quad \dots (10)$$

with

$$r = -0.63, \text{ and } s = 0.009$$

The corresponding curve is indicated in Fig. 5.

The scattering of the data examined for the interpolating curve is mainly because of the different hydraulic design of the bucket adopted by the various manufacturers and the total number of buckets selected for each single case.

Once the value of K_u and the frequency of rotation n are established, it is possible to calculate the value of D_1 from Eq. (5). D_2 can also be calculated using the parameter D_1/D_2 .

Fig. 6 shows the curve $D_1/D_2 = (D_1/D_2)(n_u)$ whose interpolating equation is:

$$D_1/D_2 = n_u / (250.74 - 1.796n_u) \quad (11)$$

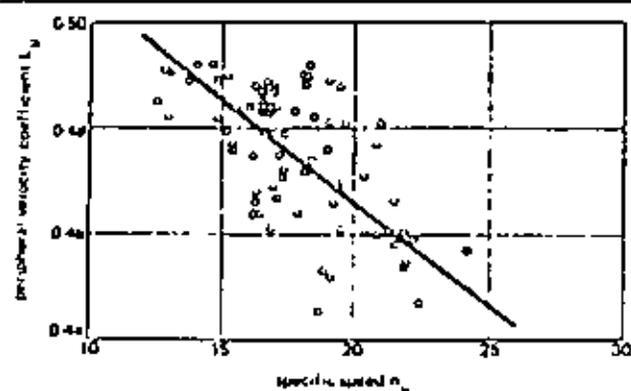


Fig. 5. Peripheral velocity coefficient versus specific speed.

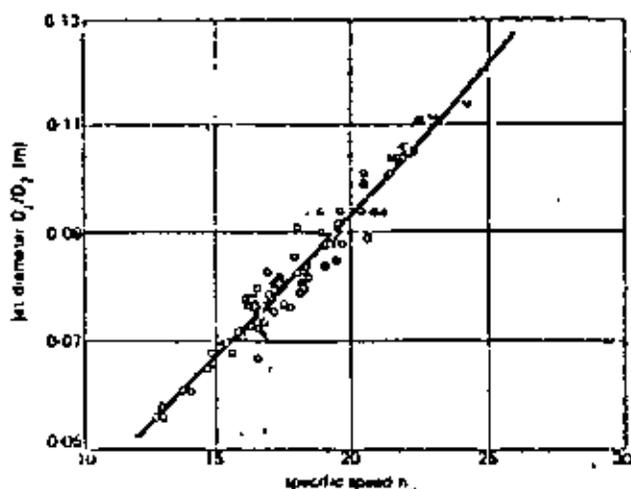


Fig. 6. Ratio between jet and wheel pitch diameter versus specific speed.

where

$$r = 0.97, \text{ and } s = 0.003$$

Adopting suitable values of η and ϕ in Eq. (6), the jet diameter D_j is found; D_2 is then determined introducing D_j in Eq. (11). Assuming the values already indicated for η and ϕ in determining Eq. (8), D_1 will show the same value derived through the peripheral velocity coefficient. The other wheel dimensions indicated in Fig. 7 may then be obtained.

The outer wheel diameter D_1 , referred to the diameter

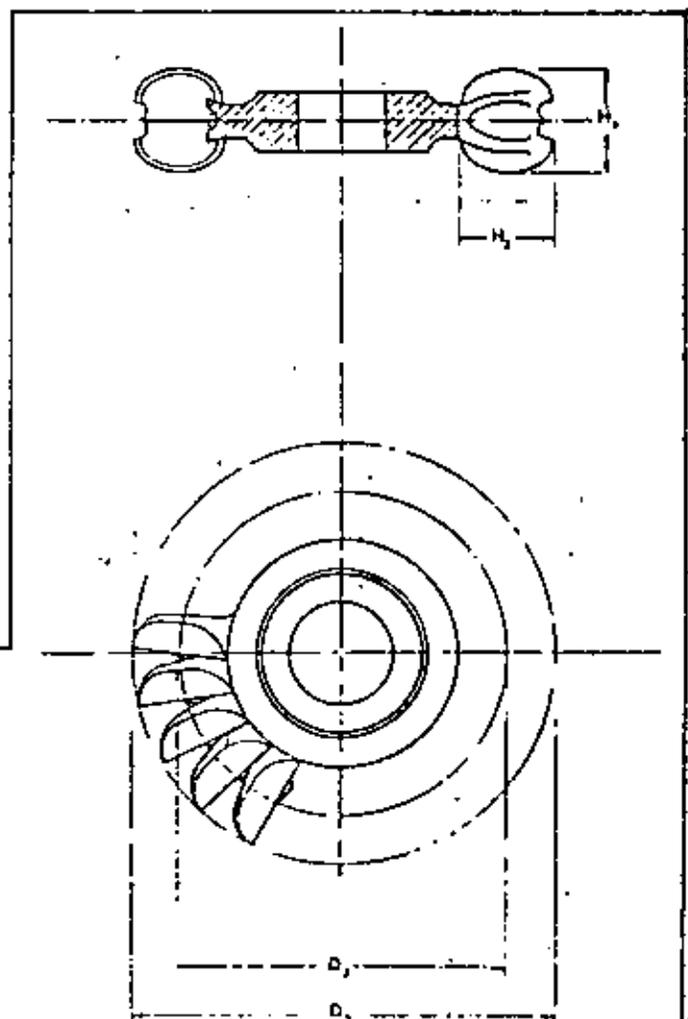


Fig. 7. Wheel dimensions; their values are indicated in Fig. 6 and Figs. 8 to 10.

D_3 is given as function of n_s by the following interpolating function:

$$D_3/D_2 = 1.028 + 0.0137n_s \quad (12)$$

where

$$r = 0.9, \text{ and } s = 0.016$$

The relevant curve is indicated in Fig. 8.

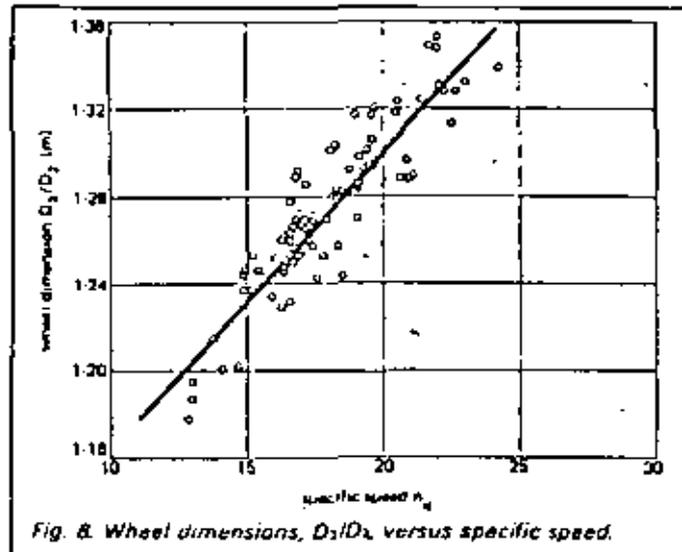


Fig. 8. Wheel dimensions, D_3/D_2 , versus specific speed.

The width and the length of the wheel bucket are given as functions of D_2 by the following interpolating equations:

$$H_1 = 3.20D_2^{0.96} \quad (13)$$

where

$$r = 0.96, \text{ and } s = 0.044,$$

$$H_2 = 3.23D_2^{1.02} \quad (14)$$

where

$$r = 0.92, \text{ and } s = 0.06$$

The corresponding curves are indicated respectively in Figs. 9 and 10.

The scattering of the data on the interpolating curves in Figs. 8, 9 and 10 is because of the different proportions adopted by the manufacturers for the bucket design. As a matter of fact for each manufacturer the scattering is considerably lower than the one appearing on the figures.

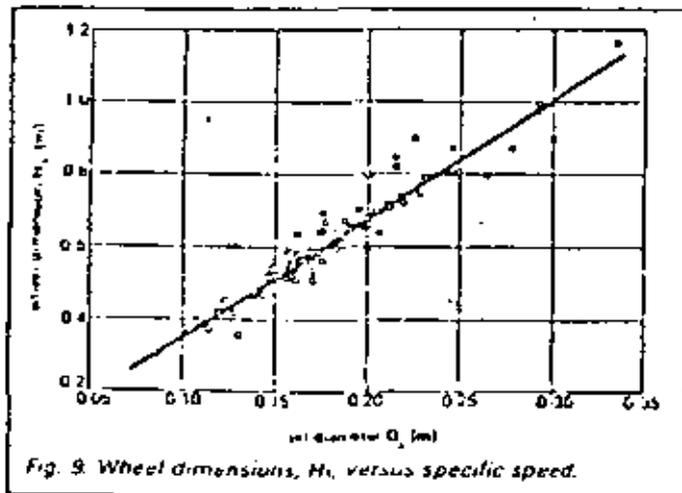


Fig. 9. Wheel dimensions, H_1 , versus specific speed.

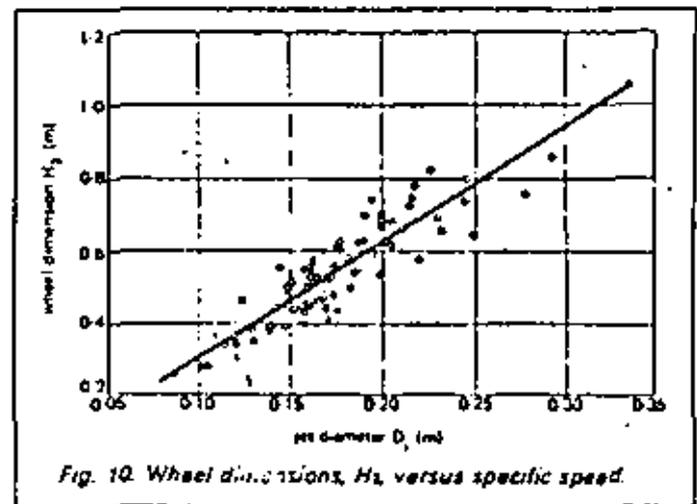


Fig. 10. Wheel dimensions, H_2 , versus specific speed.

Combining Eqs. (1), (4), (5), (10) with the capacity equation (6), it is possible to write Q as a function of D_2 and H_2 in the following way:

$$Q = (D_2)^2 F(H_2)$$

The function $F(H_2)$, within the n_s values considered, ranged between 0.36 and 0.34 with a variation of only 6 per cent.

It is therefore possible to conclude from these statistical diagrams that, as a first approximation, the water flow of a Pelton turbine depends only on the square of the outer wheel diameter and on the number of jets. This consideration is similar to the one indicated for Kaplan turbines².

Casing dimensions

The dimensions of the Pelton turbine casing depend essentially on the outer diameter D_2 of the wheel.

The casing dimensions considered are indicated in Fig. 11.

The most expressive of them is the diameter L which gives the plan size of the casing; for prismatic casings this value has been assumed equal to the average diameter of the circles inscribed and circumscribed on the casing, as indicated in Fig. 11.

The interpolating function for the diameter L is:

$$L = 0.78 + 2.06D_2 \quad (15)$$

where

$$r = 0.92, \text{ and } s = 0.06$$

The relevant curve is indicated in Fig. 12.

The distance G between the wheel centreline and the top of the casing is given in Fig. 13; the interpolating function is:

$$G = 0.196 + 0.376D_2 \quad (16)$$

where

$$r = 0.87, \text{ and } s = 0.17$$

The other dimensions F , H , I are expressed respectively by the following equations:

$$F = 1.09 + 0.71L \quad (17)$$

where

$$r = 0.81, \text{ and } s = 0.89$$

$$r=0.74, \text{ and } s=1.42$$

The corresponding curve is indicated in Fig. 17.

The head losses of the spiral case, calculated according to Eq. (20) and referred to the rated head, increase approximately with the cubic root of H_r . For high head plants the influence of the spiral case head losses becomes negligible in comparison with the head losses of the whole hydraulic system; this allows an increase in v and consequently a reduction in the spiral inlet diameter without compromising the overall system efficiency.

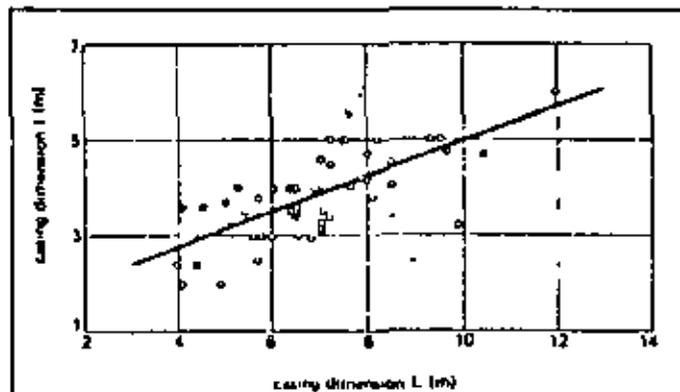


Fig. 16. Tailrace channel dimensions versus casing diameter.

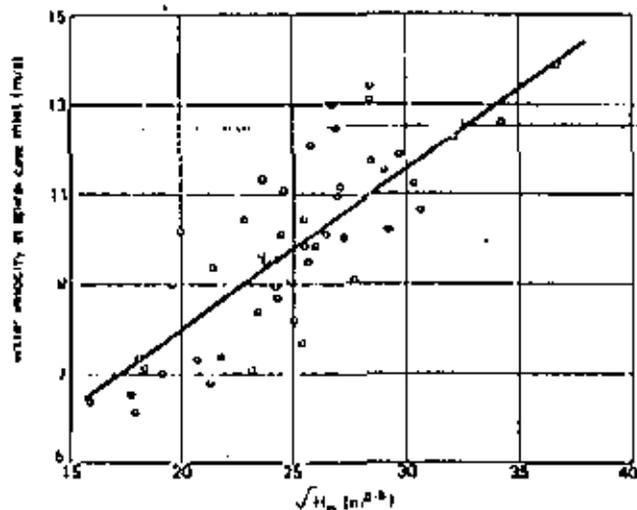


Fig. 17. Water velocity at spiral case inlet versus square root of design head.

The main dimensions of the spiral case are indicated in Fig. 18 which refers to a four-nozzle turbine. The dimensions C and D for two- and three-nozzle machines will deviate from the values indicated in the diagrams according to the actual arrangement of the nozzles within the turbine casing.

The interpolating functions are:

$$B = 0.595 + 0.69 \cdot L \quad (21)$$

where

$$r = 0.96, \text{ and } s = 0.34$$

$$C = 0.362 + 0.68L \quad (22)$$

where

$$r = 0.97, \text{ and } s = 0.30$$

$$D = -0.219 + 0.70L \quad (23)$$

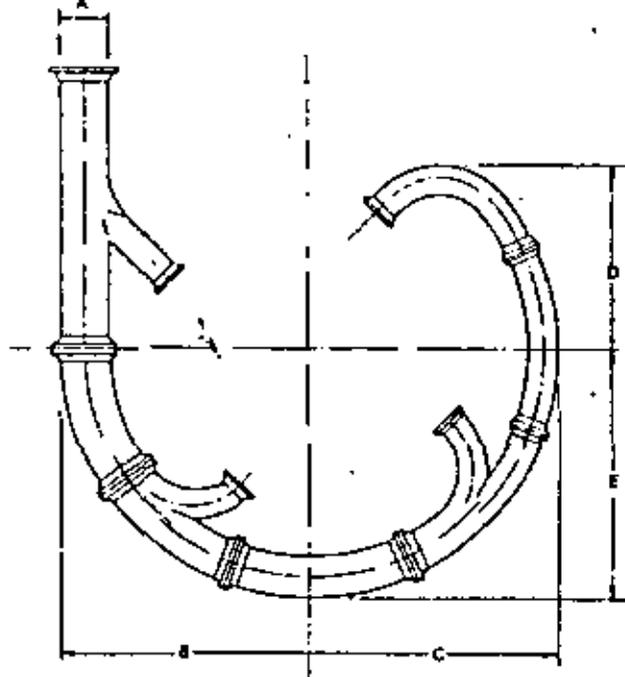


Fig. 18. Main spiral case dimensions; their values are indicated in Figs. 19 to 22 inclusive.

where

$$r = 0.95, \text{ and } s = 0.44$$

$$E = 0.43 + 0.70L \quad (24)$$

where

$$r = 0.98, \text{ and } s = 0.28$$

The corresponding curves are indicated in Figs. 19, 20, 21 and 22.

They show a very high grouping of the data around the interpolating functions, giving evidence that design criteria used by the different manufacturers for the spiral case are very similar.

If the number of nozzles is four, five, or six, it does not have an appreciable influence on the overall dimensions of the spiral.

Comparison between Pelton and Francis turbines

It is interesting to make a comparison between Pelton and Francis turbines in the head range common to both machines. For this purpose, having chosen a head of 400 m, two machines of the same capacity (50 MW) were sized according to the statistical diagrams previously given. The Pelton machine was of the six-nozzle type.

The main design data and dimensions of the two

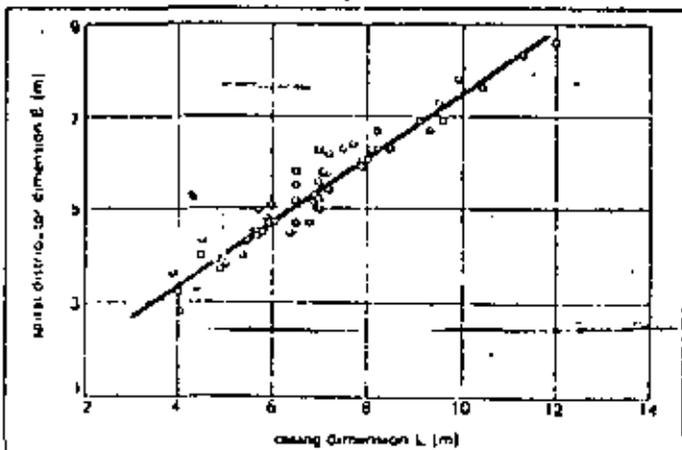


Fig. 19. Spiral distributor dimensions versus casing diameter.

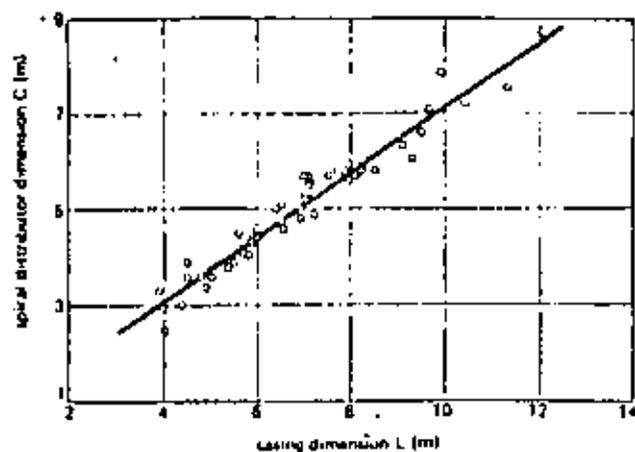


Fig. 20. Spiral distributor dimension, *c*, versus casing diameter.

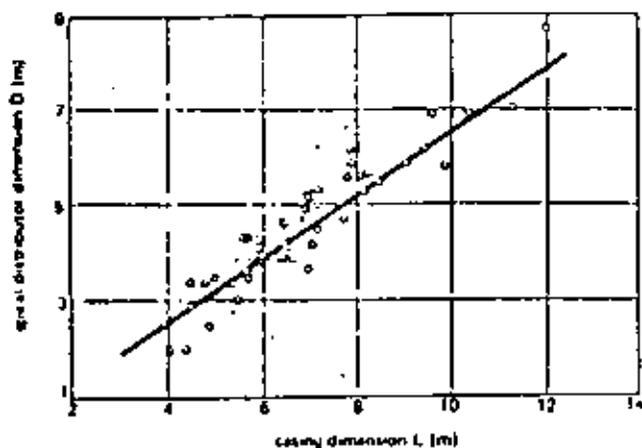


Fig. 21. Spiral distributor dimension, *D*, versus casing diameter.

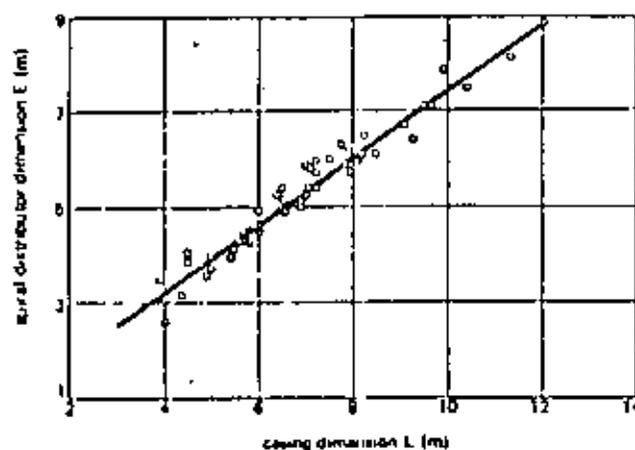


Fig. 22. Spiral distributor dimension, *E*, versus casing diameter.

machines are given in Table II.

Fig. 23 shows sketches of both turbines where the centreline elevation is referred to the same tailrace water level. Even taking into account the fact that turbines were sized according to statistical data and not on the basis of actual model test results, some interesting conclusions can be drawn:

- the setting for the Francis turbine is much deeper than for the Pelton and this requires greater excavations for outdoor power plants;
- on the other hand the spacing between units is greater for the Pelton machine, leading to wider and larger power houses; and,
- the cost of the generator is lower for the Francis, because of its higher frequency of rotation.

The actual choice depends upon several other techni-

Table II—Comparison of Pelton (P) and Francis (F) turbines for the same head and rating

	P	F
H_n (m)	400	400
P (kW)	50 000	50 000
n_c	46.9	75
n (rev/min)	375	600
D_1 (m)	2.74	1.40
D_2 (m)	2.12	1.42
D_3 (m)	0.187	
A (m)	1.51	1.33
$E+D$ (m)	9.15	5.56
N (m)		5.96
S (m)		11.00
L (m)	6.40	
F (m)	5.60	
H (m)	3.90	
H_1 (m)	2.55	-3.30

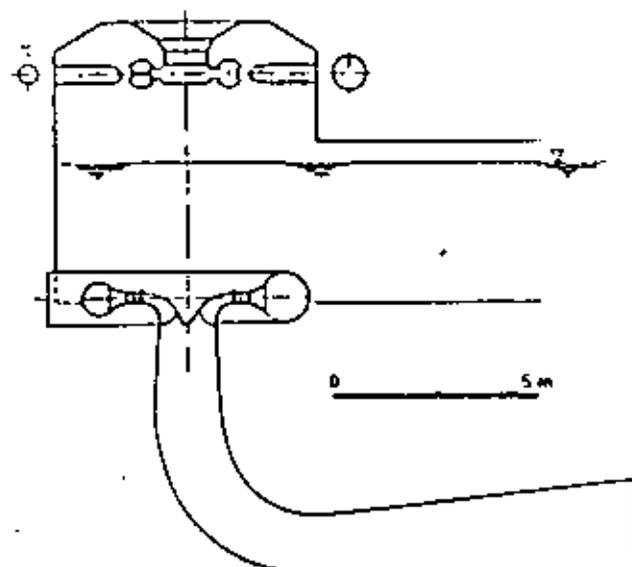


Fig. 23. Comparison between Pelton and Francis turbines. Both are designed for a net head of 400 m and a capacity of 50 000 kW.

cal and economic considerations, among which it is worth mentioning:

- the different shape of the efficiency curves;
- the net head variations to which Pelton is more sensitive;
- the output variations that are accepted with higher efficiencies by Pelton;
- the absence of hydraulic thrust in Pelton turbines;
- their higher reliability related to the simpler design; and finally,
- the inherent advantages of Pelton machines in presence of high solid water content because of their easier and less expensive maintenance.

It has to be pointed out that the need to install Pelton wheels above the maximum tail water level, as previously indicated, does not allow the available geodetic head to be fully utilized; this disadvantage becomes evident at low heads.

Conclusions

As in the case of Francis and Kaplan turbines, the uniformity of the design criteria adopted by the different manufacturers has been confirmed by the limited scattering of the most important data examined.

The investigation made shows a trend towards multi-jet machines aimed at increasing their specific speed to minimize dimensions and costs.

$$H = 0.62 + 0.513L \quad (18)$$

where

$$r = 0.72, \text{ and } s = 0.89$$

$$l = 1.28 + 0.37L \quad (19)$$

where

$$r = 0.72, \text{ and } s = 0.61$$

to the particular lay-out conditions of each installation. Power plants listed with long discharge channels or characterized by wide variations of the tailrace level will require deeper setting of the casing bottom or higher values of the channel width, to achieve the required H , and the wheel aeration even during load transients with high tailrace water levels.

For the same reasons, the mean water velocity in tailrace channels shows wide variations from one plant to the other; the range resulting from the data collected is from 0.4 to 2 m/s.

Figs. 14, 15 and 16 show the relevant curves. The scattering of the data examined is for the above three dimensions higher than for the diameter L . It should be noted that these dimensions are strictly related

Spiral case size

The water velocity at the spiral case inlet depends upon the square root of the design head according to the interpolating function:

$$v = 0.82 + 0.358\sqrt{H} \quad (20)$$

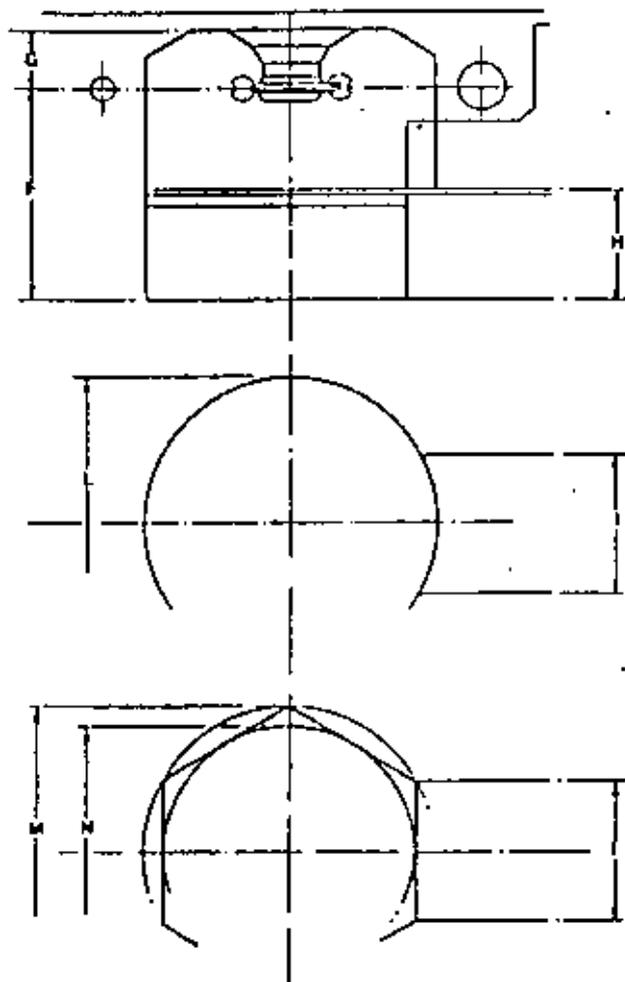


Fig. 11. Casing dimensions; their values are indicated in Figs. 12 to 16 inclusive.

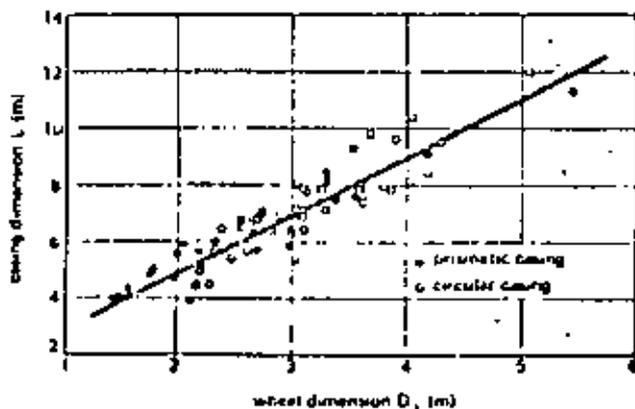


Fig. 12. Casing diameter versus wheel outer diameter.

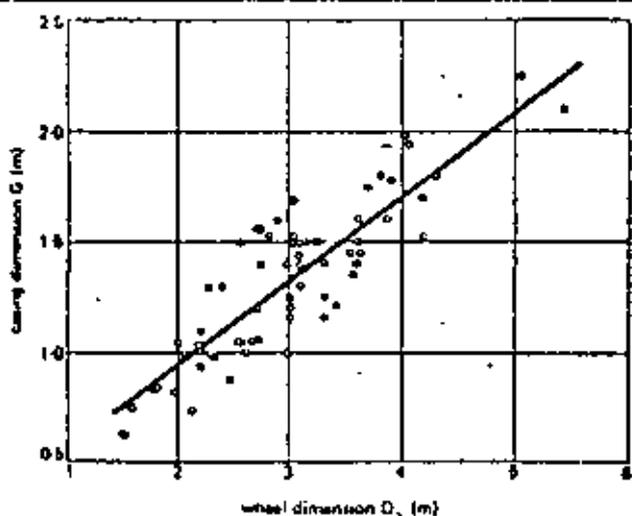


Fig. 13. Casing height above wheel centreline versus wheel outer diameter.

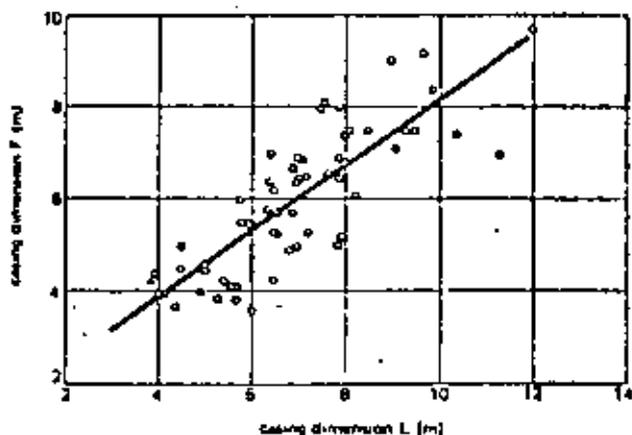


Fig. 14. Casing depth versus casing diameter.

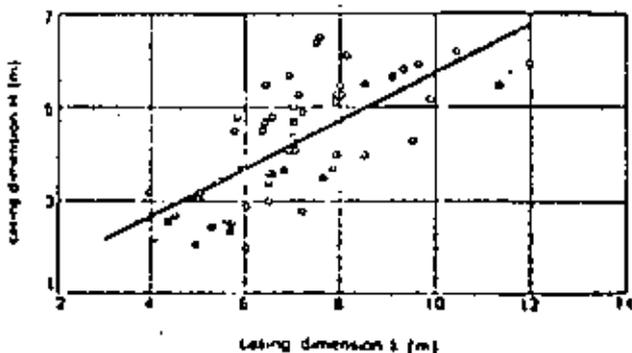


Fig. 15. Tailrace channel dimensions versus casing diameter.

- Partial compensation of tailrace level fluctuations pressurizing the casing and further increase of the specific speed at low heads by the adoption of two wheels on the same vertical shaft are presently being considered by manufacturers to extend the range of utilization of Pelton turbines. □

Acknowledgments

The authors wish to thank all the manufacturers indicated in Table I for their valuable contribution in supplying the main design data and dimensions of their machines that made possible the present study.

References

1. DE SIERVO, F. AND DE LEVA, F. "Modern trends in selecting and designing Francis turbines", *Water Power and Dam Construction*; August 1976.
2. DE SIERVO, F. AND DE LEVA, F. "Modern trends in selecting and designing Kaplan turbines", *Water Power and Dam Construction*; December 1977 and January 1978.
3. CHUZHIN, G. V. AND EDEL, Yu. U. "Increasing the running speed of impulse hydraulic turbines", *Gidrotekhnicheskoe Stroitel'stvo*; November 1970.
4. French patent No. 1.431.789, class F03; January 1965.

5. VESPER, L. "Turbines hydrauliques" (Editions Albat), Paris, France; 1966.
6. Bureau of Reclamation "Turbines and pumps", Denver, Colorado, USA; 1971.
7. SORENNEN, K. E. AND DAVIS, C. V. "Handbook of applied hydraulics"; 1969.
8. CERAVOLA, G. "Alcuni problemi relativi alle turbine Pelton", *L'Energia Elettrica*; December 1970.
9. CERAVOLA, G. AND NOSEDA, G. "Back pressure operation of Pelton turbines for ternary units in pumped storage plants", IAHR, Rome, Italy; 1972.

Bibliography

- COLE, St. "Macchine idrauliche" (Signorelli); Milan, Italy, 1974.
- RUBBO, B. "Turbine idrauliche" (Bignami); 1967.
- BREAKE, H. AND HOPSETH, B. "243 MW Pelton turbines for the Aurlund I powerplant" *Water Power*; July 1974.
- SARRADIA, G. S. AND SALLO, J. "Largest Pelton turbines installed in New Colgate powerplant, California" *Energy International*; January 1971.
- OSTERWALDER, J. "Tailwater depression of multi-jet impulse turbines", *Water Power*; September 1966.

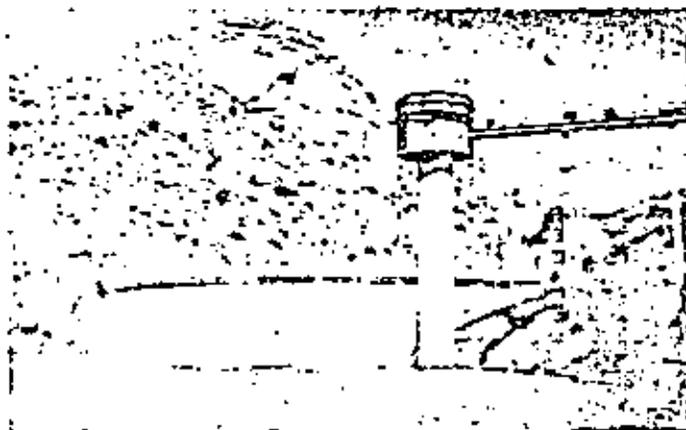
Model studies for the Swakoppoort dam

By W. Ravenscroft and J. M. Jordaan, Junior
Chief Engineer (Investigations) and Assistant Chief Engineer*

Swakoppoort arch dam, in South West Africa (Namibia) has stored water up to 20m of its total 35m depth. Hydraulic model studies were highly effective in validating and modifying design concepts.

SWAKOPPOORT WAS built to augment the existing borehole and surface water schemes supplying water to the central area of South West Africa—mainly Windhoek, the capital city. Situated in a narrow gorge in the Swakop river, some 55 km downstream of the Von Bach dam, the new structure impounds $70 \times 10^6 \text{ m}^3$. Up to $10 \times 10^6 \text{ m}^3$ per annum of untreated water from Swakoppoort will be pumped via a 600 mm steel pipeline 51 km in length to the purification works at Von Bach dam and from there to Windhoek and other bulk water consumers. Extension of the water purification plant and an additional 1100 mm concrete jacketed prestressed steel cylinder pipeline 62 km in length from the Von Bach dam purification works to Windhoek, form part of the total scheme.

The design and construction of the double curvature arch dam itself was undertaken by the South West Africa Branch of the Department of Water Affairs. A computer program based on the trial load method of analysis was used in the design. Geological investigations were carried out by the Geological Survey Division of the Department of Mines.

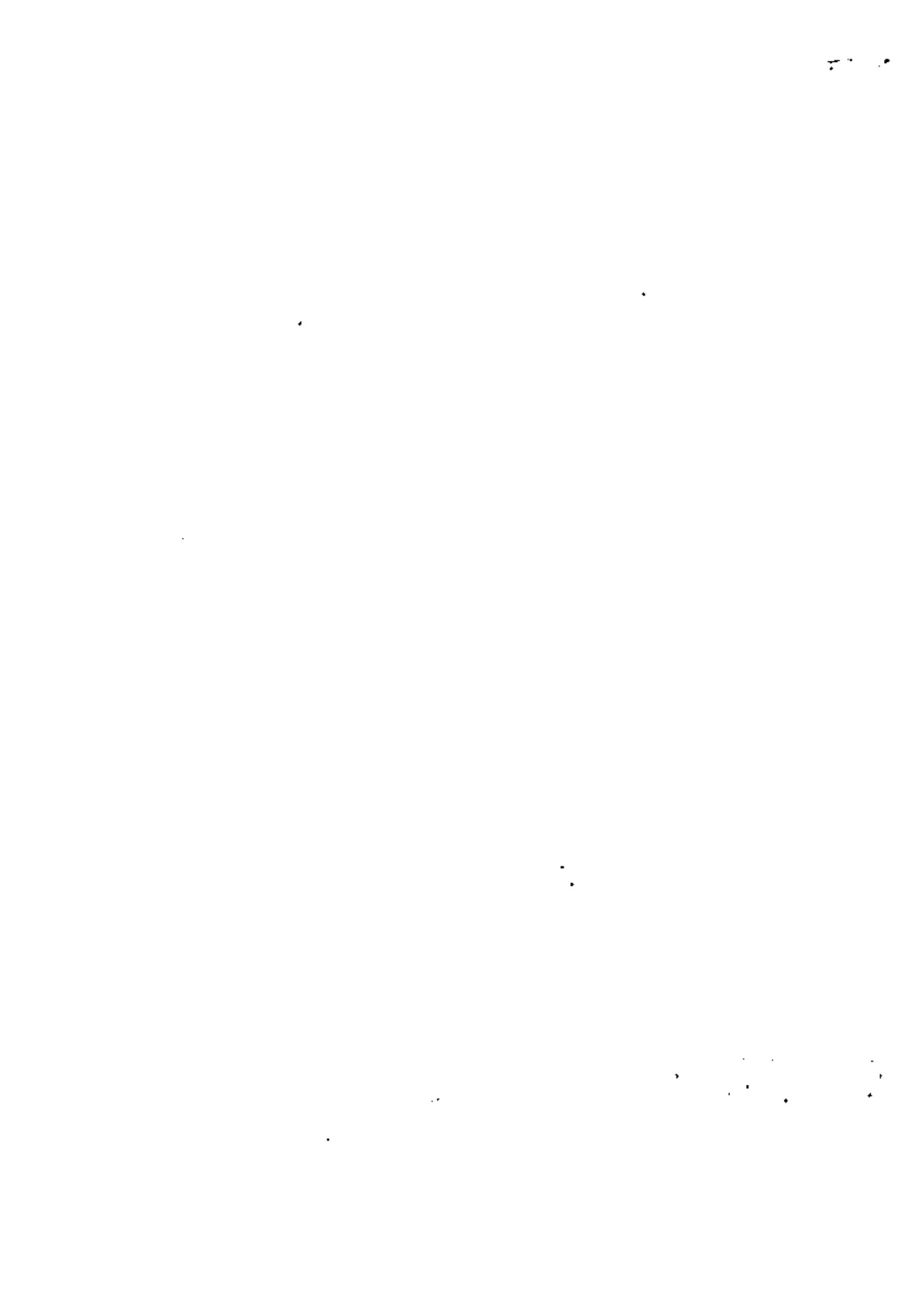


Upstream view of the dam and outlet tower.

At the dam site fine to medium grained granites occur in the river section and lower flanks, and medium- to coarse-grained granites and pegmatites in the upper levels, which created some problems in accurately blasting to specified excavation lines.

Pronounced jointing and open fissures confined the siting of the dam to within fairly narrow limits. Curtain

* Department of Water Affairs, Keiser Street, Windhoek, South West Africa.



Modern trends in selecting and designing Kaplan turbines

PART ONE

By F. de Siervo and F. de Leva*

Results of an extensive investigation carried out on more than 130 Kaplan turbines manufactured all over the world are presented in the form of statistical diagrams providing engineers with the latest information for preliminary design of hydro powerplants.

THIS PAPER presents the results of a study on the present state of the art in the design of hydraulic machines, of which the first part concerning Francis type turbines was published in August 1976 issue of this magazine¹.

For simplicity, considerations that are common to both Francis and Kaplan turbines are not repeated in this paper; the authors suggest therefore that reference to the previous article will give a better understanding of the present subject.

Whenever it has been deemed advisable, comparisons have been made between Francis and Kaplan design criteria and dimensions, particularly for those machine components that are similar from the hydraulic point of view, such as the steel spiral case and the draft tube.

The data collected show that the trend towards greater capacities is less pronounced for Kaplan than for Francis machines. In the field of high head units this appears to be the consequence of the competitiveness of Francis turbines which are less expensive, while for low heads the upper capacity limit is set by the actual dimensions of the machines. The research covers, with some exceptions, the period between 1960 and 1976.

Table I gives the main features of the installations investigated as taken from the references, while the diagrams are based on the project data and dimensions collected by an extensive inquiry carried out through both questionnaires sent to the most important manufacturers and from visits to several made by one of the authors.

The curves were drawn by a simple regression procedure, using the same digital computer program adopted in the previous study on Francis turbines.

*ELC-Electroconsult, Via Chiabera 8, 20151 Milan, Italy.

Table 1—Kaplan turbines at major hydro schemes

Powerplant	Manufacturer	Year	Head (m)	Capacity (MW)	Rotation (frequency) (rev/min)
Agekawa	Hitachi	1962	14.46	31	88
Akats (1)	Nohab	1973	42.9	149	113.4
American Fall	Voest-Alpine	1976	31.6	> 31.3	150
Arbon	Vevey	1963	29.4	39.1	150
Asst	Charmilles		15.2	5.43	176.5
Aschach	Voith	1960	45.5	69.85	66.2
Austan	Escher Wyss	1964	26.6	60	113.4
Beaumont Durand (2)	Neyrpic	1965	11.6	19.85	125
Boden	KMW	1968	12.2	39.6	93.8
Bonneville	Allis Chalmers	1976	21.3	> 78.3	69.2
Brosopondo	Escher Wyss	1972	44.2	39	240
Bysaforsen	KMW	1973	9.3	17	93.8
Carbonne	Vevey	1966	18.5	17.15	176
Carillon	Dominion	1962	17.94	44.1	97.1
Cashio	Escher Wyss	1971	43	210	93.8
Ceraadilla	Nohab	1969	55.6	30.64	150
Chai Bar	Allis Chalmers	1962	17.3	7.13	200
Chang Pyong	KMW	1972	18	44	115
Clarence Cannon	Hitachi	1967	24	40	150
Chuncheon	Allis Chalmers	1968	18	31.5	125
Concili	Toshiba	1963	28.8	30	150
Cordell Hull (3)	Vevey	1968	20.85	29.65	150
Cuween Ford	Voest Alpine	1965	14	42.8	65.5
	Allis Chalmers	1965	28	88.9	106
Deep No. 3	Allis Chalmers	1964	7.3	5.51	112.5
Dalles Dam (3)	Voest Alpine	1967	27	> 91.2	85.3
Darjancie Lock (4)	Dominion	1964	14.6	38	75
Deepredzhatka	KHTBP	1962	12.5	48.2	51.7
Edea III	Vevey	1968	22	29.2	167
Fastritz	Charmilles		23.8	41.46	136.4
Ferlach	Voith	1972	20.8	39	125
Follum	Voith	1975	27.5	> 29	187.5
Fratel (5)	Neyrpic	1960	22	45.6	150
Futurata	Mitsubishi	1960	55	16	333
Garnsten	Escher Wyss	1964	14.2	16.2	113.4
Goshu	Asagabashi	1976	27.1	7.04	333.3
Grandfons (6)	Kvaerner Brug	1965	30	21.32	214
Guaqyob	Toshiba	1961	54	19.13	300
Hallforsen	Nohab	1964	8.6	15.7	94
Harpefoss	Nohab	1964	32.45	46.05	150
Hirakud I	Hitachi	1961	36.3	38.4	150
Honbetsu	Toshiba	1962	33	26	187
Ile Harbor	Allis Chalmers	1971	27.1	127.9	85.7
Isola Serafini	F. Yosi	1957	7.50	12.5	53.6
Isola Serafini	Riva Calzoni	1957	7.50	12.5	53.6
Iwama	Mitsubishi	1979	51.37	15.45	333
Jerdap Iron Gate	LMW	1969	36.5	178	71.5
Jupia (16)		1969	25	107	78.3
Kabekura	Fuji	1958		> 13.9	300
Narugi	Voest Alpine	1974	38	139.7	107.2
Kanigo	Fuji	1961	18.1	> 17	167
Komusc II	Fuji	1970	22.1	> 35	107
Kanayama	Hitachi	1966	72.5	> 27	300
Kang Krachan	Fuji	1971	48	> 17.5	350
Kanafub	Allis Chalmers	1969	21.7	50.7	115
Kasaburi	Hitachi	1965	65.1	7.93	500
Kindarungu (7)	KMW	1965	12	23.9	214
Khashm el Garba	Ansaldo	1961	40	1.43	560
Klaus	Voith	1972	40.5	14.5	311.3
Kragfors III	KMW	1970	29.5	26.8	187.5
Krokstrommen	KMW	1961	57	30.5	231
Lavey (8)	Charmilles		43	30.9	214.3
Ligga III	Nohab	1981	39	> 181.7	107.1
Little Goose (3)	Voest Alpine	1963	31	158	90
Little Goose	Allis Chalmers	1974	28.3	156.1	90
Mactaquac	Dominion	1966	33.5	102.9	112.5
Manosque	Charmilles		35.85	48	150
Marckolsheim (2)	Neyrpic	1957	25.4	48.8	75
Markland	Allis Chalmers	1962	10.3	30.5	44.3
Mascarenhas	Allis Chalmers	1969	17.5	40.4	106
McGee Bend	Allis Chalmers	1960	21.3	30.3	120
McSwain Dam	Allis Chalmers	1964	16.4	8.8	180
Melkefoss	KMW	1975	10	22.9	93.75
Mexur-Tunnel	LMW	1963	48.8	56.7	136.4
Mitsukawa II	Mitsubishi	1970	36.49	6.38	400
Myahna	Toshiba	1974	39.41	39	167
Mozolo (9)	Dominion	1975	21.9	104.8	90
Namforsen III	KMW	1970	21	51.3	65
Nhyodogawa I	Fuji	1961	40.4	47.2	190
Oton	Hitachi	1962	51	100	123
Ottmarsheim	Charmilles		17.4	41.3	93.75
Palmir	Neyrpic	1977	27.15	113.4	88.2
Pafuvorgha	LMW	1965	11.8	10.2	68.2
Par-o-Kaal (10)	Dominion	1973	40.9	72.3	138.5
Puerto Colombia (11)	Nohab	1975	19.3	85.2	85.7
Randi	KMW	1975	23	103.7	100
Ranga	KMW	1968	25.3	65	107.1
Ritana	Charmilles		72.5	41.23	75
Robert S. Kerr	Allis Chalmers	1964	12.3	33.8	75
Robert S. Kerr	Voest Alpine	1964	48	30.8	136.4
Robert IV	Voest Alpine	1976	48	> 44	136.4
Rygeho (12)	Kvaerner Brug	1974	36.2	55.15	166.7

(Table 1 continued)

Saligne (13)	Neyrpic	1972	28	47.4	150
Sameret	Tosi	1968	13.2	29.1	78.95
Sarason	KHTBP	1961	15	59.3	50
Sarp	Nohab	1976	21	> 82.7	93.8
Saut Moutier	Vevey	1962	26	31.7	250
Seltrique	Voith	1976	18.4	> 11.8	125
Shimonikappu	Fuji		40.6	> 17.6	273
Shim-nokusan	Toshiba	1970	20	31	125
Shizunai	Toshiba	1966	47	23.6	200
Sobradelo	Vevey	1964	34	31.2	187.5
Sonokara II	Escher Wyss	1962	46.3	3.6	500
St. Martin	Voith	1964	74.5	51	610
Subari	Hitachi	1970	63.1	6.62	500
Sveg	KMW	1973	19	34.2	115.4
Tabat I	LMW	1971	49	103	125
Tawara	Toshiba	1967	46.1	22.9	251
Tchi Li Long (14)	Neyrpic	1972	22	75	71.5
Tedorigawa III	Fuji				
Termalio	Allis Chalmers	1964	25.9	33	138.5
Tolim II (15)	Kvaerner Brug	1975	29.2	20.15	214
Toiyama	Fuji				
Toiyama II	Fuji				
Trail Bridge	Allis Chalmers	1960	20.4	8.6	212
Trausafall	Voest Alpine	1972	16.8	9.54	187.5
Tres Marius	Voith	1965	50	71.33	163.6
Tuguen	Nohab	1962	26.6	50.24	125
Tungabhadra	Hitachi	1962	28.6	12.1	214
Tungabhadra	Voest Alpine	1961	20	9.56	214.3
Uiam	Fuji				
Upper Tuloma	LMW	1963	60	31.7	187.5
Valera	Nohab	1975	27.2	83.53	115.4
Valera (1)	Nohab	1970	27	110	100
Valoni	KHTBP	1963	68	79.5	187.5
Vogelgrun	Charmilles		13	35.1	83.3
Volga XXIII No. 22	LMW	1961	27	132	68.2
Volta Grande (9)	Dominion	1974	26.2	101.5	85.7
Volkinsh	LMW	1961	23.5	107	62.5
Walser	Voith	1965	9.6	41.9	65.2
Wanapum	Dominion	1963	24.3	48.2	83.7
Wesshau	Voest Alpine	1966	31	7.65	300
Wingsi	Toshiba	1976	20.7	27.8	149

- 1 In collaboration with KMW.
- 2 In collaboration with Abtshom and Charmilles.
- 3 According to BLH drawing.
- 4 In conjunction with Bingham-Willamette.
- 5 In collaboration with Sorefame and Creusot-Loire.
- 6 In collaboration with KMW.
- 7 In collaboration with Boeing.
- 8 In collaboration.
- 9 In collaboration with General Electric S.A., Brazil.
- 10 Design and model test only; manufactured by Bingham-Willamette.
- 11 In collaboration with Burdella S.A.
- 12 In collaboration with Tampella.
- 13 In collaboration with Creusot-Loire and Jeumont-Schneider.
- 14 In collaboration with Creusot-Loire.
- 15 In collaboration with Voith.
- 16 KQYL joint venture Asgen-Escher Wyss-Riva Calzoni.

The value of the correlation coefficients and standard deviations indicated in the test permit in each case, the evaluation of the degree of association between the two variables under study and of the scattering of the data in respect of the interpolating function.

General selection criteria

The same characteristics constant used for Francis is adopted for the Kaplan turbines.

$$n_s = n P_1^{0.4} H_n^{-1.25} \quad \dots (1)$$

and the relationship

$$n_s = n_s(H_n)$$

is sought between the specific speed and the design head.

The available data have been divided into three groups, depending on the year of design of the turbines. This gives the three regression curves indicated in Fig. 1, which are described as follows:

$$\begin{aligned} 1960-1964 \quad n_s &= 2.096 H_n^{-1.400} \\ 1965-1969 \quad n_s &= 2.195 H_n^{-1.400} \\ 1970-1976 \quad n_s &= 2.419 H_n^{-1.400} \quad \dots (2) \end{aligned}$$

The correlation coefficients and the standard deviation are respectively:

$$\begin{aligned} r &= -.92 & s &= 57.2 \\ r &= -.92 & s &= 55.3 \\ r &= -.89 & s &= 47.6 \end{aligned}$$

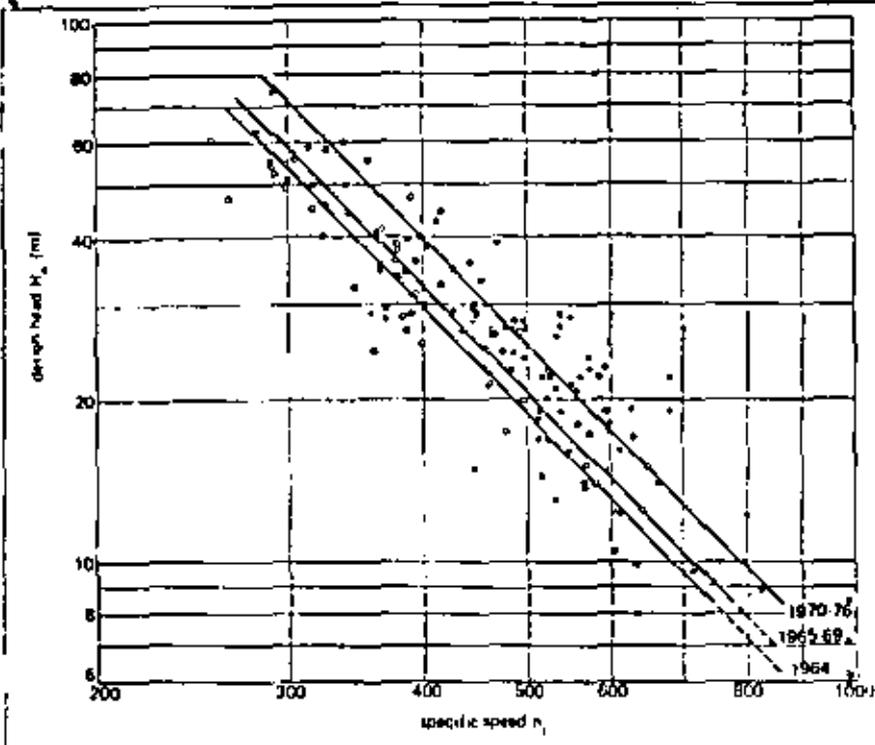


Fig. 1. Specific speed versus design head. Curves are drawn for three groups of machines depending on the year of design.

Notations*

- D_{10} = Runner outer diameter (m)
- g = Gravity acceleration (m/s^2)
- h_b = Barometric pressure (m)
- h_s = Static suction head referred to the wicket gate centreline (m)
- h_w = Water vapour pressure (m)
- H_n = Turbine net design head (m)
- k_u = Runner peripheral velocity coefficient
- k_{v1} = Ratio between water velocity v_1 and spouting velocity
- k_{v2} = Ratio between water velocity v_2 and spouting velocity
- n = Turbine speed of rotation (rev/min)
- n_f = Turbine runaway speed of rotation (rev/min)
- n_s = Turbine specific speed
- P_1 = Turbine design capacity (kW)
- Q_b = Turbine rated flow (m^3/s)
- $Q\gamma$ = Flow passing through a spiral case radial section rotated by the angle γ in respect of the spiral nose (m^3/s)
- r = Statistical curves correlation coefficient
- r_1 = Distance of a point in the spiral case from the turbine axis (m)
- s = Statistical curves standard deviation
- v_1 = Water velocity at steel spiral cases inlet section (m/s)
- v_2 = Water velocity at concrete cases inlet section (m/s)
- v_3 = Water velocity at draft tube inlet section (m/s)
- v_b = Peripheral velocity of water in the spiral case
- σ = Cavitation coefficient (Thoma's coefficient)

*For notations relevant to the machine main dimensions refer to the relevant figures.

They show a high degree of grouping of the data in respect to the chosen interpolating functions.

As for the Francis turbines, the diagram shows that, over the period considered, there has been a trend to increase the value of n_s for a given head, that has become more evident in the last years. By comparing the n_s given in Fig. 1 with the n_s relevant to Francis turbines for the same period, one sees that in the overlapping area (n_s ranging from 250 to 350) the specific speed is clearly higher for Kaplan turbines while the slope of the curves is comparable. Proposition developed later in this article show that, notwithstanding the higher n_s value, Kaplan turbines are larger than Francis types for a given capacity.

As for Francis turbines, the curves of Fig. 1 show the specific speed n_s corresponding to an average statistic value of the most significant existing installations for assigned heads, and therefore they serve only to give an indicative value. Single installations may have n_s values

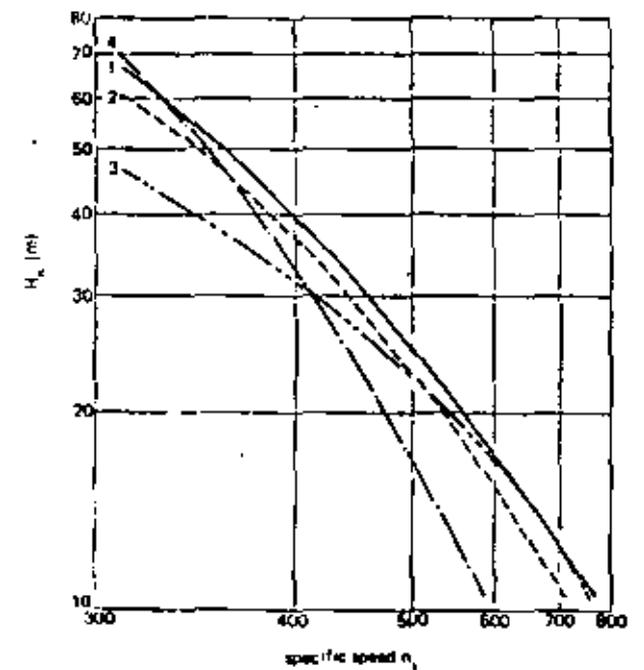


Fig. 2. Increase of specific speed (for a given head) as a function of the period of design. Curve no. 1 is derived from Fig. 1; curve no. 2 is taken from "Handbook of applied hydraulic" Sorensen, K. E. and C. V. Davis 1969; curve no. 3 is taken from "Turbines hydrauliques et leur regulation" by L. Vivier, 1966; and curve no. 4 is derived from US Bureau of Reclamation's "Selecting hydraulic reaction turbines", 1966.

that differ from those given by the equations, depending on particular operating or design criteria as was shown for Francis turbines. Therefore these equations should be used with some degree of precaution adapting the calculated values to the particular characteristics of the installation under consideration.

The curves shown on Fig. 2 confirm the general trend towards higher specific speeds for a given head.

Once the value of n_s is decided from Fig. 1, the best rotation frequency is determined by Eq. (1); the rated frequency of the turbine will coincide with one of the synchronous frequencies nearest to the ideal one; the higher or lower value will be chosen, depending on

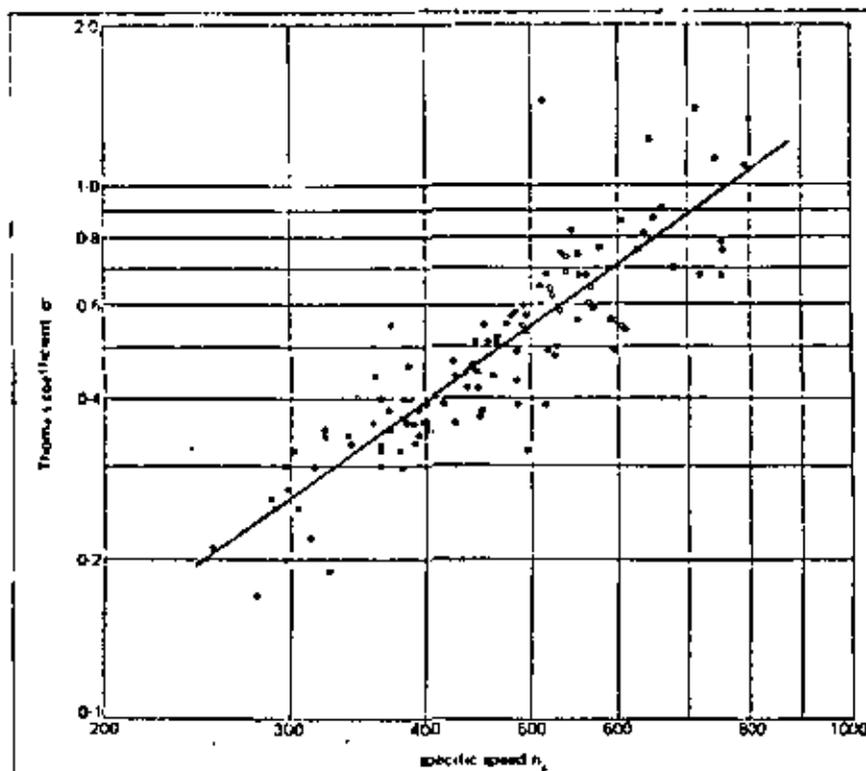


Fig. 3. Cavitation (Thoma's) coefficient versus specific speed.

technical and economic considerations similar to those indicated already for Francis turbines.

The chosen synchronous speed will then determine the actual n_s value to be used for entering the subsequent diagrams.

The cavitation coefficient is expressed by the formula:

$$\sigma = (h_b - h_w - h_s) / H_n$$

The σ values have been calculated for the design head H_n , taking $h_b - h_w = 9.8$ m for all the examined installations. This roughly corresponds to an average turbine installation level of 200 m and to a mean water temperature of 20°C.

In some cases the values indicated here do not represent the most severe operating conditions that correspond instead to the maximum head which, for Kaplan turbines, often occurs with the tailwater level at its minimum value.

The operating σ value and consequently the installation level of the machine can in such a case be correctly determined only by the performance diagram of the turbine.

The available data have led to the following relation between σ and n_s :

$$\sigma = 6.40 \cdot 10^{-5} n_s^{1.48}$$

with

$$r = 0.88 \quad s = 0.14$$

The corresponding curve is given in Fig. 3.

In Fig. 4 the calculated curve is compared with similar ones taken from the literature.

The reduction in the values of Thoma's coefficient for a given n_s , as it appears in Fig. 4, is a result of improvements in the hydraulic design of the machines, leading to lower values of the submergence and consequently to considerable cost saving of the civil works.

The suction head H_s , calculated on the basis of the curve 1970-1976 on Fig. 1 and of the σ curve on Fig. 3, is shown in Fig. 5.

The average suction head ranges between -1 and -8 m in the range of n_s considered.

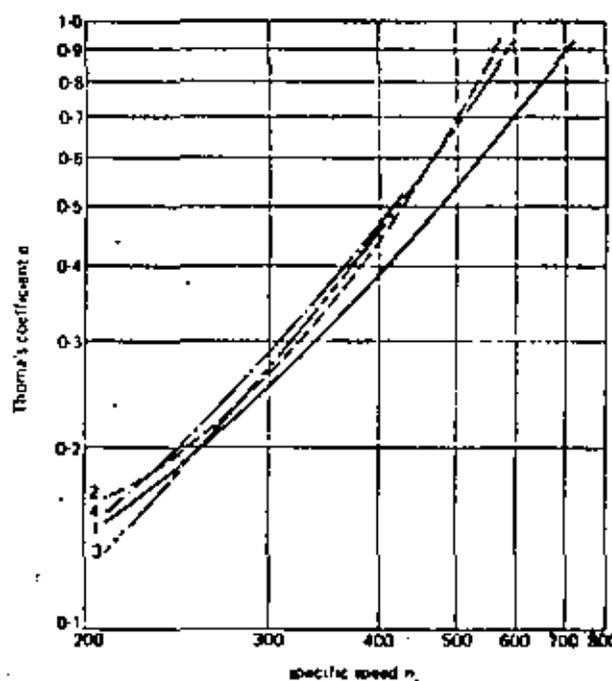


Fig. 4. Cavitation (Thoma's) coefficient decrease (for a given n_s) as a function of the period of design. The curve denoted by 1 is the one given in Fig. 3, while curves 2, 3 and 4 are derived from the same sources indicated in Fig. 2.

By comparing Fig. 3 with the corresponding figure for Francis turbines it can be seen that while both $\sigma = \sigma(n_s)$ curves show the same slope, the average σ values are for Kaplan turbines approximately 10 per cent higher than for Francis with the same n_s value.

The ratio between the runaway rotation frequency n_r (off cam values) and the rated one is expressed as a function of n_s in Fig. 6.

As for Francis turbines the scattering shown by the diagram can be attributed to the width of the range of operating head of the machines.

The interpolating function is:

$$n_r/n = 2.44 + 2.04 \cdot 10^{-4} n_s$$

with

$$r = 0.09 \quad s = 0.28$$

The remarkable difference in behaviour between Kaplan and Francis turbines in runaway conditions is explained by the following two considerations:

- the positive slope of the Francis curve is given by the centrifugal effect characteristic of Francis runners, which decreases with increasing n_s because of the change in shape of the runner. This effect does not occur in Kaplan turbines and explains the much flatter slope of the runaway speed curve.
- the step between Kaplan and Francis curves is explained by noting that the runaway speed values for Kaplans are off-cam and thus correspond to the most unfavorable combination of wicket gates and runner blades position; this of course does not apply to Francis machines.

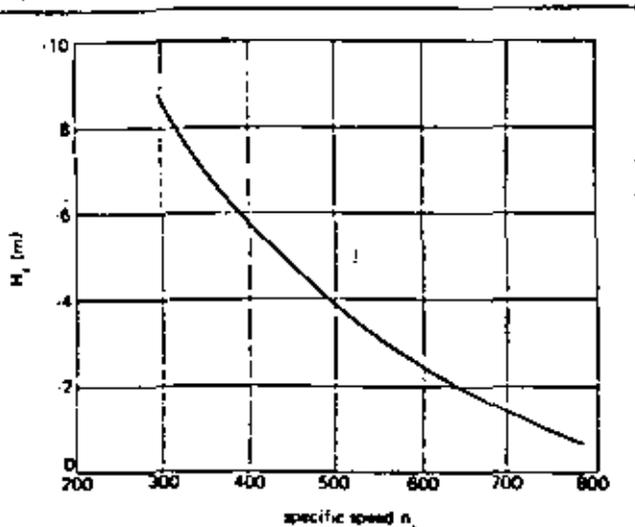


Fig. 5. Suction head versus specific speed.

Fig. 6. Ratio between runaway and rated speed versus specific speed.

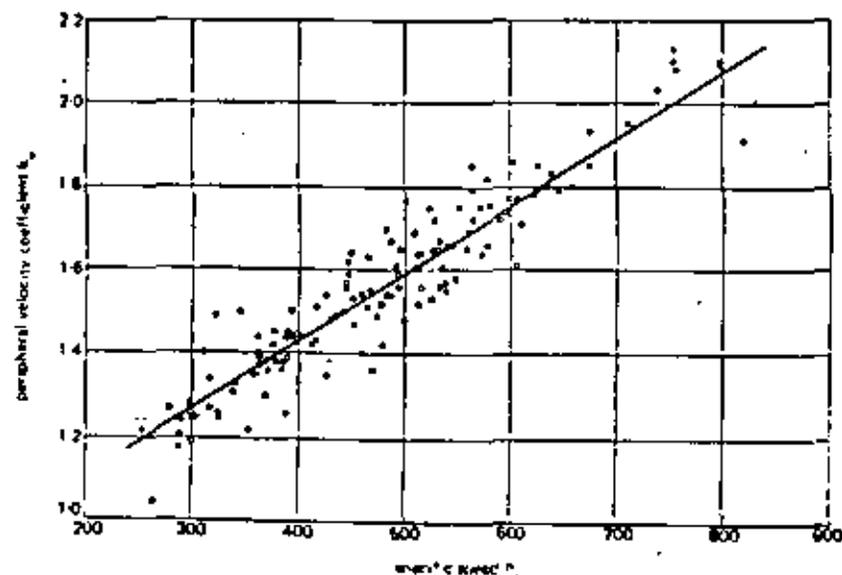
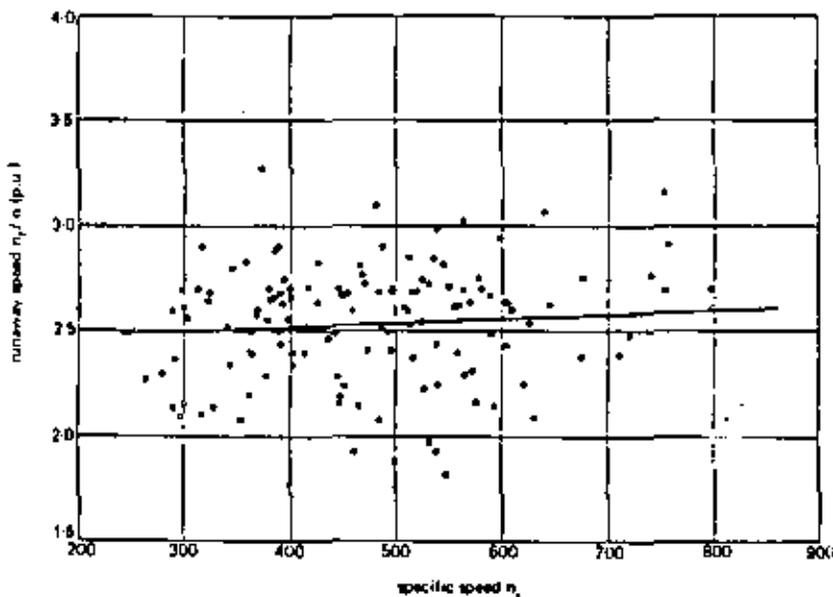


Fig. 7. Peripheral velocity coefficient versus specific speed.

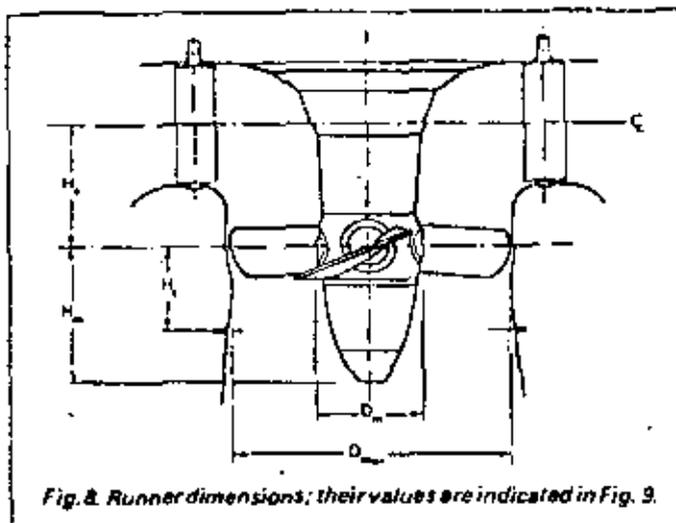


Fig. 8. Runner dimensions; their values are indicated in Fig. 9.

Runner size

To determine the runner main dimensions, the peripheral velocity coefficient k_u as defined by the expression:

$$k_u = \pi D_M n / (60 \sqrt{2g H_n}) \quad (3)$$

is adopted.

The function $k_u = k_u(n_s)$ calculated by correlating the available data is:

$$k_u = 0.79 + 1.61 \cdot 10^{-3} n_s \quad (4)$$

with

$$r = 0.95 \quad s = 0.1$$

The corresponding curve is indicated in Fig. 7.

For a given value of n_s , the outer diameter of the runner can be then calculated using the formula

$$D_M = 84.5 k_u \sqrt{H_n / n_s}$$

It should be noted that for values of n_s around 300, the

k_u for Kaplan turbines is about 20 per cent higher than for Francis types.

The other runner dimensions D_M , H_M and H_1 indicated in Fig. 8, may be obtained as functions of n_s from the curves of Fig. 9.

The interpolating functions of the various curves are as follows:

$$\begin{aligned} D_M / D_M &= 0.25 + 94.64 / n_s \\ r &= 0.82 \quad s = 0.04 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_M / D_M &= 6.94 n_s^{-0.403} \\ r &= -0.62 \quad s = 0.07 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_1 / D_M &= 0.38 + 5.17 \cdot 10^{-4} n_s \\ r &= 0.23 \quad s = 0.03 \end{aligned}$$

Combining Eqs. (1), (2), (3) and (4) with the capacity equation:

$$P = \gamma Q H_n \eta_1$$

and assuming a conventional efficiency value of $\eta = 0.93$, it is possible to write Q as a function of D_M and H_n in the following way:

$$Q = D_M^3 F(H_n)$$

The function $F(H_n)$, within the n_s values considered, ranges between 7.3 and 7.8 with a variation of only 7 per cent.

It is therefore possible to draw the conclusion from these statistical diagrams that as a first approximation the water flow of Kaplan turbines depends only on the square of the runner diameter.

(To be continued)

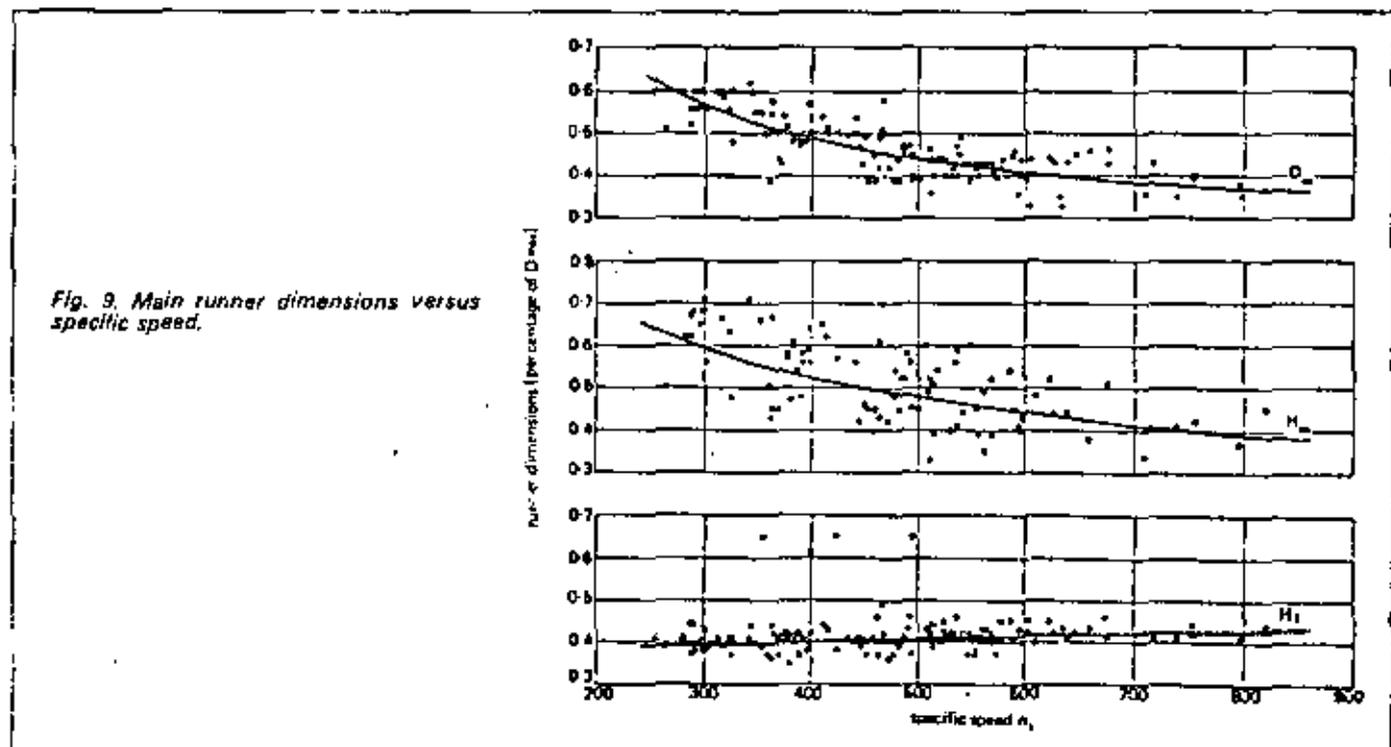


Fig. 9. Main runner dimensions versus specific speed.

Modern trends in selecting and designing Kaplan turbines

PART TWO

By F. de Siervo and F. de Leva*

Results of an extensive investigation carried out on more than 130 Kaplan turbines manufactured all over the world are presented in the form of statistical diagrams providing engineers with the latest information for preliminary design of hydro powerplants.

THE FIRST PART of this article presented a comprehensive table of Kaplan turbines used in major hydro schemes, and general trends in their manufacture and design were discussed and illustrated. It was suggested that the water flow of Kaplan turbines depends only on the square of the runner diameter.

Spiral case size

Both steel and concrete spiral cases have been investigated. The available data show that within the specific speed range between 400 and 600 approximately, both types may be adopted depending upon the particular characteristics of the powerplant. This n_s range corresponds roughly to a H_n range between 35 and 15 m. Steel spiral cases have been adopted for heads down to 15 m with rated capacity up to 70 MW, while concrete spiral cases are encountered for heads up to 40 m with capacities ranging between 50 and 100 MW.

The spiral cases for Kaplan turbines are usually designed using the same formulae as for Francis units:

$$Q_y = Q_0 (1 - \sigma/2\pi)$$

$$v_w r_1 = k$$

that indicate the uniform feeding of the distributor along its circumference and the irrotationality of the water flow within the spiral case.

In the preceding formula the angle γ is measured in the direction of water flow starting from the spiral nose. Whereas for steel cases the enveloping angle is close to 360°, in concrete cases it is usually slightly above 180°, leading to smaller cross section dimensions.

The water flow for each turbine has been calculated from

the rated head and capacity values assuming a conventional efficiency of 93 per cent.

The velocity at the inlet section of spiral casings has been then obtained from the inlet dimensions as indicated in Fig. 10.

The available data are indicated in Fig. 11 together with the correlating curves which are, for steel spiral cases:

$$v_1 = 3.17 + 759.21/n_s$$

$$r = 0.26 \quad s = 1.04$$

Notations*

D_{ur}	= Runner outer diameter (m)
g	= Gravity acceleration (m/s ²)
h_b	= Barometric pressure (m)
h_s	= Static suction head referred to the wicket gate centreline (m)
h_w	= Water vapour pressure (m)
H_n	= Turbine net design head (m)
k_w	= Runner peripheral velocity coefficient
k_{v1}	= Ratio between water velocity v_1 and spouting velocity
k_{v2}	= Ratio between water velocity v_2 and spouting velocity
n	= Turbine speed of rotation (rev/min)
n_f	= Turbine runaway speed of rotation (rev/min)
n_s	= Turbine specific speed
P_1	= Turbine design capacity (kW)
Q_0	= Turbine rated flow (m ³ /s)
Q_y	= Flow passing through a spiral case radial section rotated by the angle γ in respect of the spiral nose (m ³ /s)
r	= Statistical curves correlation coefficient
r_1	= Distance of a point in the spiral case from the turbine axis (m)
s	= Statistical curves standard deviation
v_1	= Water velocity at steel spiral cases inlet section (m/s)
v_2	= Water velocity at concrete cases inlet section (m/s)
v_3	= Water velocity at draft tube inlet section (m/s)
v_w	= Peripheral velocity of water in the spiral case
σ	= Cavitation coefficient (Thoma's coefficient)

*ELC-Electronics Ltd, Via Chiabera 8, 20151 Milan, Italy

*For notations relevant to the machine main dimensions refer to the relevant figures.

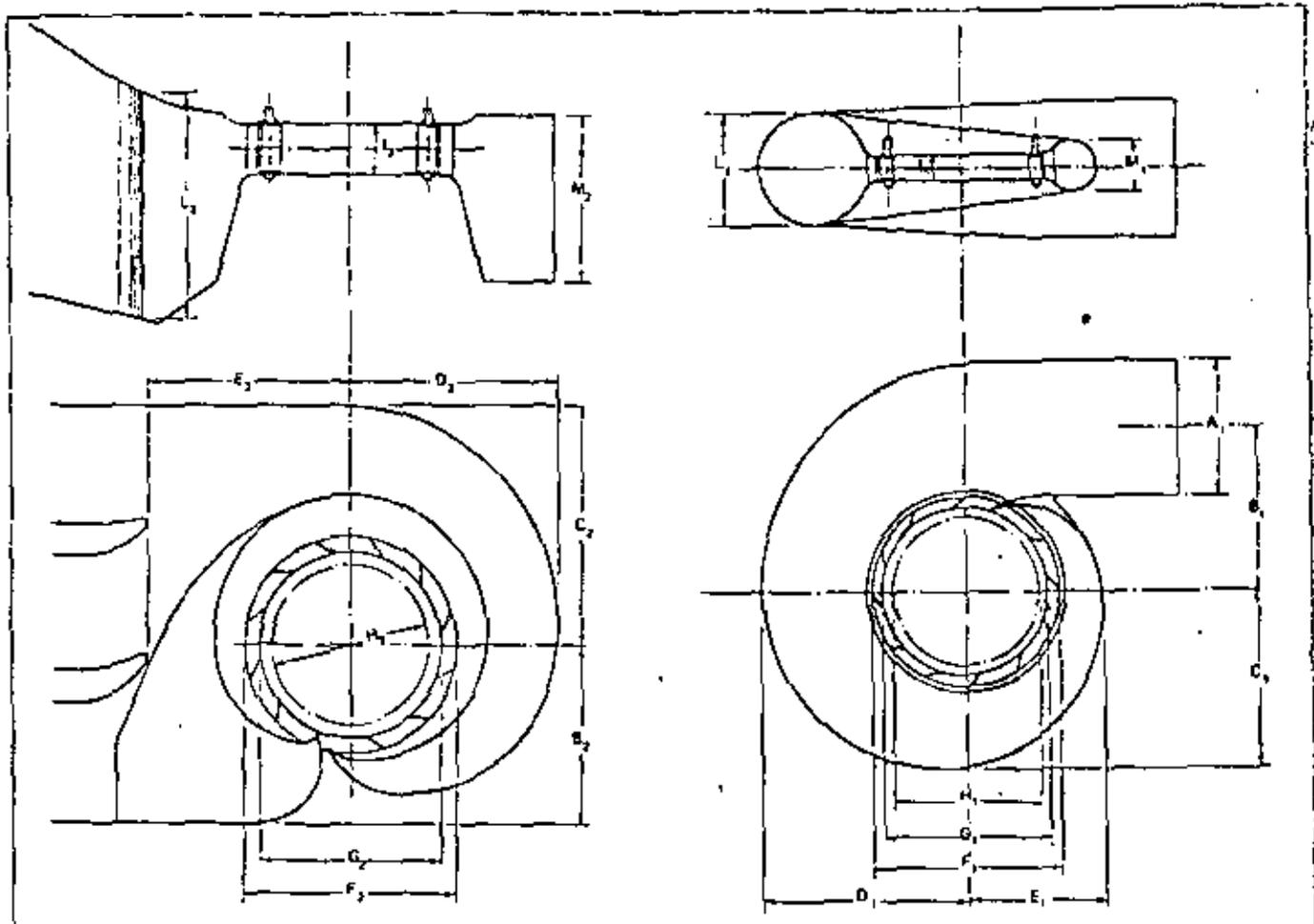


Fig. 10. Main concrete spiral case (left) and steel spiral cases dimensions (right). Their values are indicated in Figs. 12 and 13.

and for concrete spiral cases:

$$v_s = 2.44 - 1.19 \cdot 10^{-3} n_s$$

$$r = -0.32 \quad s = 0.39$$

This shows that the water velocity for steel spiral cases is about 2.5 times greater than that in concrete spirals.

In addition it appears that in the case of Francis turbines the water velocity is about 28 per cent higher than the velocity for Kaplan turbines with the same specific speed.

The marked scattering of the v_s curve data may be a result of the inaccuracies in the evaluation of the inlet diameter A related to the presence of a conical inlet extension in several spiral cases.

The main dimensions of the spiral cases, as indicated in Fig. 10, are shown, as a function of n , and referred to the diameter D_M , in Figs. 12 and 13.

The interpolating functions for the different curves are:

$$A/D_M = 0.40 n_s^{0.39}$$

$$r = 0.39 \quad s = 0.12$$

$$B/D_M = 1.26 + 3.79 \cdot 10^{-4} n_s \quad B_1/D_M = 1/(0.76 + 8.92 \cdot 10^{-4} n_s)$$

$$r = 0.25 \quad s = 0.12 \quad r = 0.71 \quad s = 0.21$$

$$C/D_M = 1.46 + 3.24 \cdot 10^{-4} n_s \quad C_1/D_M = 1/(0.55 + 1.48 \cdot 10^{-4} n_s)$$

$$r = 0.11 \quad s = 0.24 \quad r = 0.03 \quad s = 0.16$$

$$D/D_M = 1.59 + 5.74 \cdot 10^{-4} n_s \quad D_1/D_M = 1.58 - 9.05 \cdot 10^{-4} n_s$$

$$r = 0.22 \quad s = 0.20 \quad r = -0.06 \quad s = 0.14$$

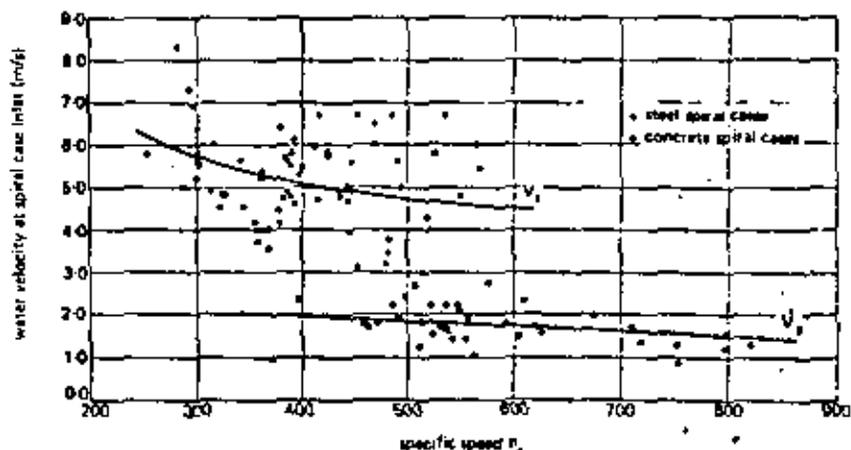
$$E/D_M = 1.21 + 2.71 \cdot 10^{-4} n_s \quad E_1/D_M = 1.48 - 2.11 \cdot 10^{-4} n_s$$

$$r = 0.20 \quad s = 0.11 \quad r = -0.01 \quad s = 0.25$$

$$F/D_M = 1.45 + 72.17/n_s \quad F_1/D_M = 1.62 - 3.18 \cdot 10^{-3} n_s$$

$$r = 0.32 \quad s = 0.12 \quad r = -0.03 \quad s = 0.12$$

Fig. 11. Water velocity at the spiral case inlet, versus specific speed. Velocity V_1 is for steel spiral cases while V_2 is for concrete ones.



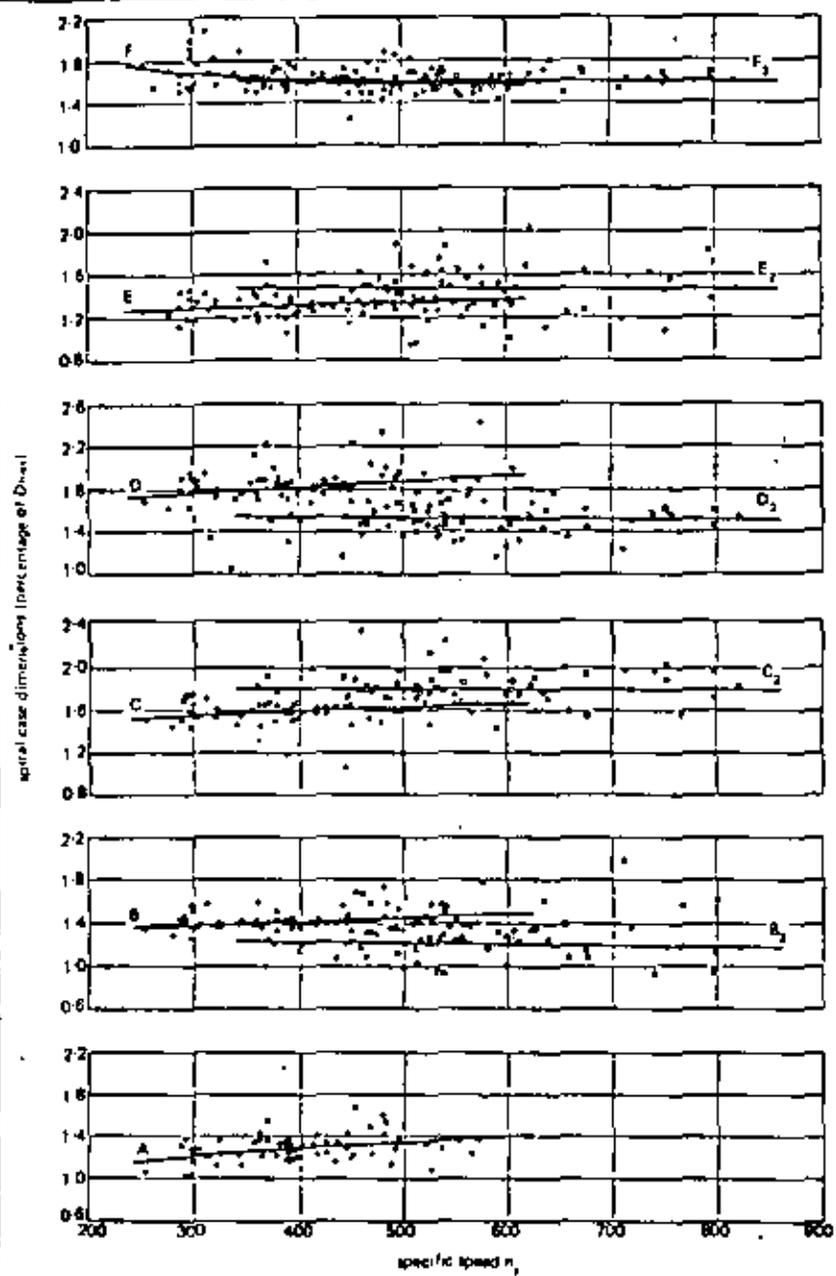


Fig. 12. Main spiral case dimensions versus specific speed. The letters refer to Fig. 10. Subscript 1 is for steel spiral cases while subscript 2 is for concrete ones.

$F_1/D_M = 1.29 + 41.63/n_s$ $r = 0.28 \quad s = 0.08$	$G_1/D_M = 1.36 + 7.79/n_s$ $r = -0.04 \quad s = 0.06$
$H_1/D_M = 1.13 + 31.86/n_s$ $r = 0.31 \quad s = 0.05$	$H_2/D_M = 1.19 + 4.69/n_s$ $r = 0.05 \quad s = 0.03$
$I_1/D_M = 0.45 - 31.80/n_s$ $r = -0.48 \quad s = 0.03$	$I_2/D_M = 0.44 - 21.47/n_s$ $r = -0.23 \quad s = 0.03$
$L_1/D_M = 0.74 + 8.7 \cdot 10^{-4} n_s$ $r = 0.58 \quad s = 0.10$	$L_2/D_M = 1.44 + 105.29/n_s$ $r = 0.15 \quad s = 0.23$
$M_1/D_M = 1/(2.06 - 1.20 \cdot 10^{-4} n_s)$ $r = -0.404 \quad s = 0.11$	$M_2/D_M = 1.03 + 136.28/n_s$ $r = 0.21 \quad s = 0.19$

The ratios K_{v_1} and K_{v_2} between the water velocity v_1 and v_2 at spiral case inlet and the spouting velocity corresponding to the rated head, obtained according to Fig. 1 and 11, are indicated in Fig. 14. They increase with the increase of n_s although the velocities v_1 and v_2 diminish appreciably. The two opposing trends, which influence the design of Francis turbines, that is to contain the head losses as percentages of the net head and to limit the dimensions of the spiral cases, play the same role both for concrete and for steel spiral cases of Kaplan turbines.

Figures 12 and 13 show that for a given n_s the concrete spiral case definitely permits smaller cross section dimensions than steel cases. For instance, considering the specific speed $n_s = 500$, the following cross-sectional widths are obtained:

- steel cases: width = $B_1 + C_1 + A_1/2 = 3.76 D_M$
- concrete cases: widths = $B_2 + C_2 = 3.04 D_M$

with a difference of about 24 per cent. This is because of both the smaller enveloping angle of the concrete cases (already made evident) and the different shape of the volute cross section.

Some interesting observations can be made by comparing the dimensions of steel spiral cases for Francis and Kaplan turbines.

The curves relating to the dimensions A , L and M display a strong measure of agreement within the area of overlapping specific speeds. Increasing the n_s value the dimensions of Kaplan cases increase practically with a constant rate that roughly corresponds to the square root of the decreasing water velocity at the spiral case inlet; this confirms that the water flow does not depend appreciably on the n_s value, as suggested earlier.

The dimensions F_1 , G_1 and H_1 for Kaplan scrolls remain

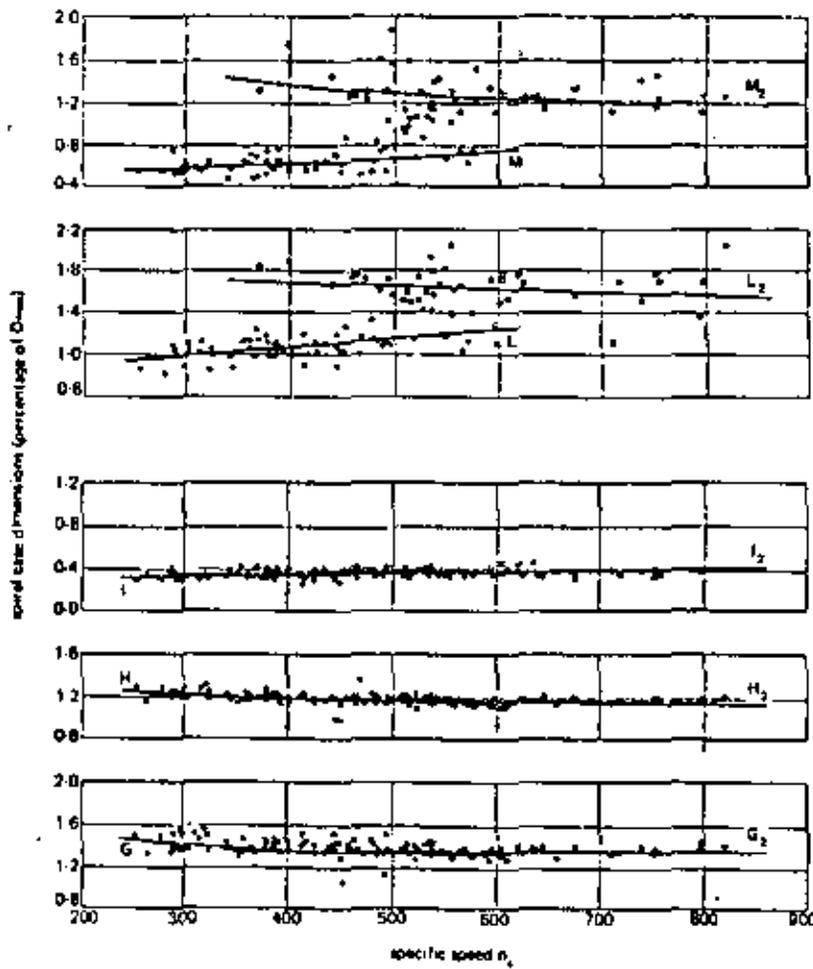


Fig. 13. Main spiral case dimensions versus specific speed. The letters refer to Fig. 10. Subscript 1 is for steel spiral cases. Subscript 2 is for concrete ones.

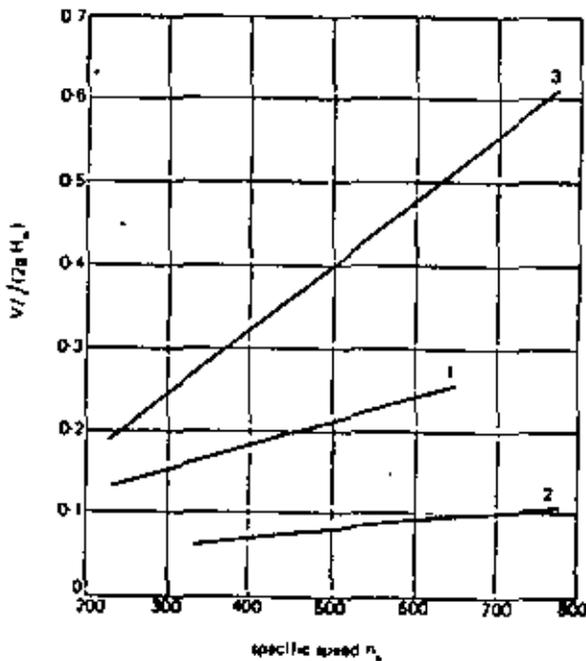


Fig. 14. Ratio between actual and spouting velocity in (1) steel spiral case inlet, (2) concrete spiral case inlet, (3) draft tube inlet.

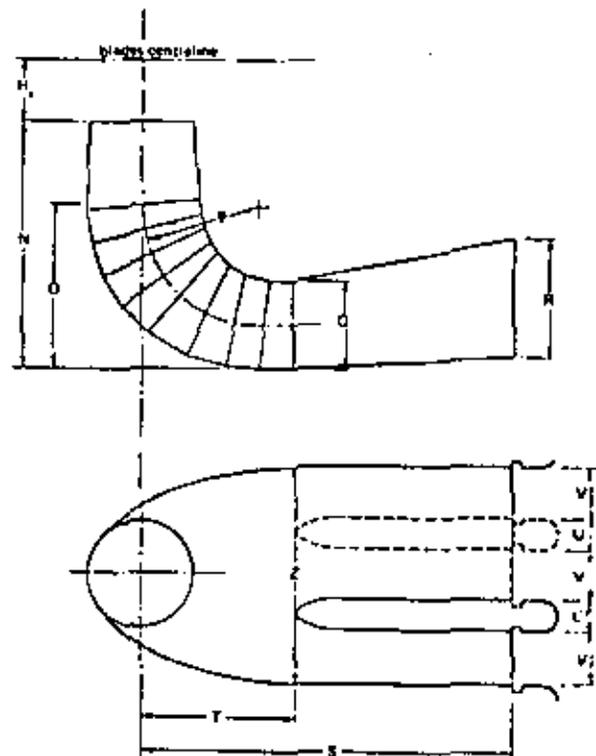
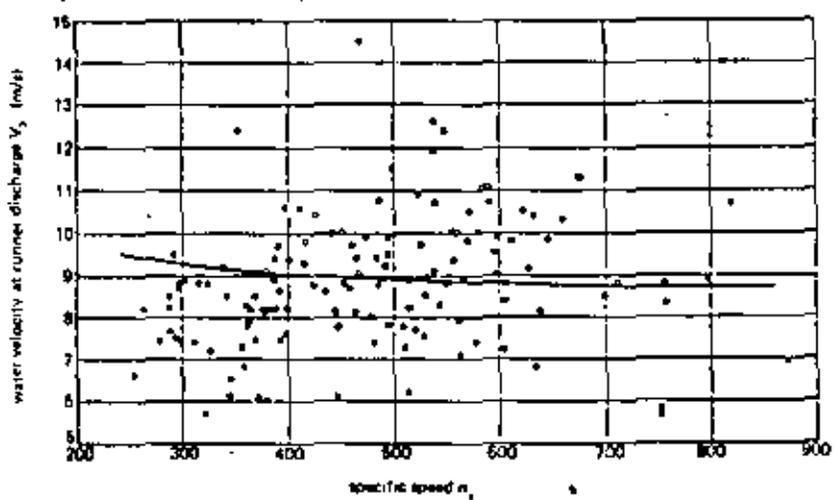


Fig. 15. Main draft tube dimensions. Their values are indicated in Fig. 17.

Fig. 16. Water velocity at draft tube inlet section versus specific speed n_s .



more or less constant with increasing n_s , while they diminish for Francis turbines. This is because the runner geometry of Francis turbines changes considerably with increasing n_s (the ratio between inlet and outlet diameter of Francis runners decreases) while this does not occur in Kaplan machines.

As a consequence the cross and longitudinal section dimensions B_1 , C_1 , D_1 and E_1 that decrease with increasing n_s for Francis turbines, show the opposite trend in the case of Kaplan machines.

For concrete spiral cases the dimensions B_2 , C_2 and L_2 appear to be constant, while water velocity v_2 decreases with increasing n_s . This does not conflict with the fact that the water flow depends mainly on the runner diameter alone, because for increasing n_s the scroll piers became thinner, thus allowing the net inlet area to increase in the same proportion that the water velocity decreases.

Draft tube size

The draft tube dimensions are directly related to the runner size and to the absolute velocity at its inlet section.

Fig. 16 gives the mean statistical value of this velocity versus the specific speed n_s . The interpolating function is:

$$v_2 = 8.42 + 250.25/n_s$$

$$r = 0.36 \quad s = 1.51$$

The most important dimensions of the draft tube indicated in Fig. 15 are given by Fig. 17; the interpolating functions are:

$$H_1/D_M = 0.24 + 7.82 \cdot 10^{-5} n_s$$

$$r = 0.06 \quad s = 0.15$$

$$N/D_M = 2.00 - 2.14 \cdot 10^{-4} n_s$$

$$r = 0.079 \quad s = 0.31$$

$$O/D_M = 1.40 - 1.67 \cdot 10^{-5} n_s$$

$$r = -0.10 \quad s = 0.23$$

$$P/D_M = 1.26 - 16.35/n_s$$

$$r = -0.06 \quad s = 0.15$$

$$Q/D_M = 0.66 - 18.40/n_s$$

$$r = -0.15 \quad s = 0.07$$

$$R/D_M = 1.25 - 7.98 \cdot 10^{-5} n_s$$

$$r = -0.07 \quad s = 0.15$$

$$S/D_M = 4.26 + 201.51/n_s$$

$$r = 0.18 \quad s = 0.63$$

$$T/D_M = 1.20 + 5.12 \cdot 10^{-4} n_s$$

$$r = 0.25 \quad s = 0.25$$

$$Z/D_M = 2.58 + 102.66/n_s$$

$$r = 0.16 \quad s = 0.4$$

The figures show that the dimensions of Kaplan draft tubes are closely matched to the corresponding dimensions of those of Francis turbines in the overlapping area.

For increasing n_s , the dimensions do not vary appreciably, except that the draft tube length S decreases.

Fig. 14 indicates that the kinetic energy stored within the draft tube increases, as a percentage of the total available energy, with increasing n_s , reaching values much greater than those relevant to Francis turbines.

This makes it convenient from both technical and economical points of view, not to reduce the dimensions of the draft tube as is normal for Francis turbines, but rather to keep them constant as a function of n_s .

Comparison between Francis and Kaplan turbines

It is interesting to make a comparison between Francis and Kaplan turbines in the head range common to both machines.

For this purpose, having chosen a head of 50 m, two machines having the same capacity of 50 MW have been sized according to the statistical diagrams previously given.

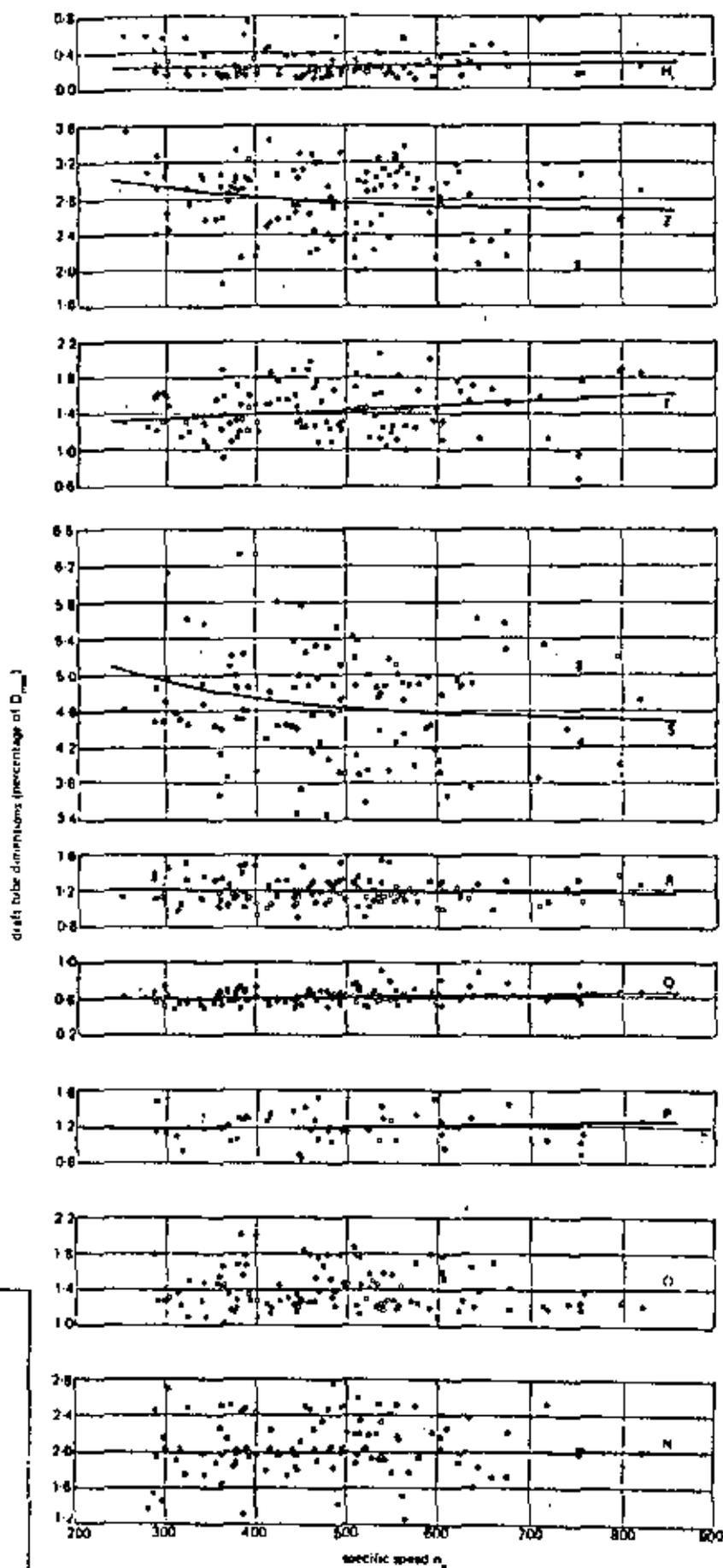
The main design data and dimensions of the two machines are given in Table II.

Fig. 18 shows sketches of both turbines where the centreline elevation is referred to the same tailrace water level.

Table II—Comparison of Francis (F) and Kaplan (K) turbines for the same head and rating

	F	K
H_n (m)	50	50
P (kW)	50 000	50 000
n_s	310	338
n (rev/min)	179	213
D_2 (m)	3.55	
D_M (m)		3.83
D_m (m)		1.34
A (m)	4.03	4.95
$E+D$ (m)	10.11	11.80
H_1 (m)		1.03
N (m)	7.88	7.66
S (m)	16.19	18.47
H_2 (m)	-1.8	-6.3

Fig. 17. Main draft tube dimensions versus specific speed. The letters refer to Fig. 15.



CORRECTIONS

In the interpolating functions referred to on P56 in Part I of this article, D_m should read D_M .

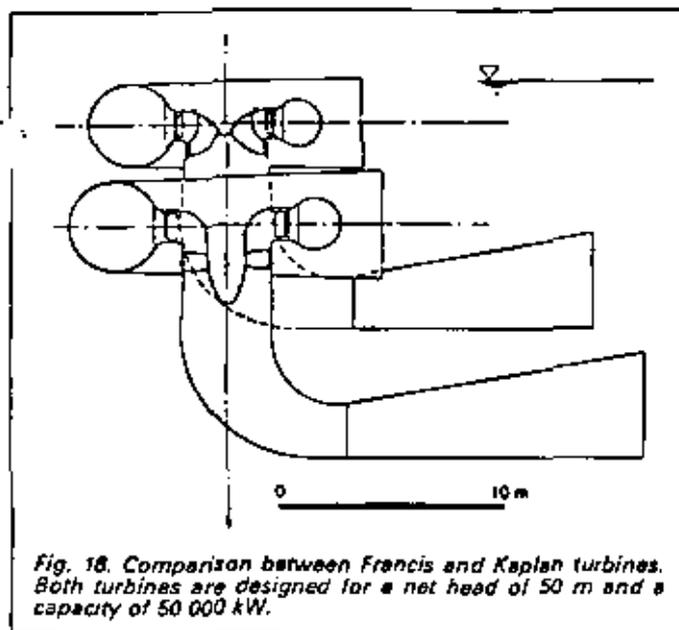


Fig. 18. Comparison between Francis and Kaplan turbines. Both turbines are designed for a net head of 50 m and a capacity of 50 000 kW.

Even taking into proper account the fact that the turbines were sized according to statistical data and not on the basis of actual model test results, the advantage of Francis turbines is evident on the basis of purely economical considerations.

Special powerplant requirements particularly broad head ranges, and the necessity to have smooth operation with high efficiency even at very reduced capacities, sometimes dominate economic considerations as is shown by the appreciable number of Kaplan turbines installed with heads between 40 and 60 m.

Conclusions

The present investigation shows the limited scattering of data for most of the curves drawn, particularly those relevant to the peripheral velocity coefficients and the runner dimensions.

Furthermore the number of powerplants studied has made it possible to draw theoretical deductions based on

the statistical curves of the machine operating characteristics that are well in accordance with those deduced from the physical dimensions. This is well exemplified by observations made about the dependence of the water flow on the runner diameter, as confirmed by the results of sizing criteria for the spiral cases.

This validates the correlation functions obtained and the uniformity of the design criteria adopted by the different manufacturers.

As for Francis turbines, the trend is evidently towards higher specific speeds and thus to smaller and more economical installations. □

Acknowledgements

The authors wish to thank all the manufacturers indicated in the annexed table for the valuable contribution in supplying the main design data and the dimensions of their machines, that made possible the present study.

References

1. DE SIERYO, F. AND DE LEVA, F. "Modern trends in selecting and designing Francis turbines", *Water Power and Dam Construction*, August 1976.
2. MAGNET, E. "Das Draukraftwerk Feistritz-Ludmannsdorf der Österr. Draukraftwerk AG", *Der Bauingenieur*, October 1968.
3. "The Kainji development", *Water Power*, September 1967.
4. WILLET, D. C. "The Macataquac development", *Water Power*, November 1966.
5. "Les équipements hydroélectriques du Rhin de Bâle à Strasbourg", *Electricité de France*, Paris, France.
6. "Die 100 000-PS-VOITH-Kaplan turbinen der Donaukraftwerks ASCHACH", J. M. Voith GmbH, Heidenheim, Germany.
7. "100 000-PS-Kaplan turbinen im Kraftwerk Très Marias", J. M. Voith GmbH, Heidenheim, Germany.
8. "Samarra Hydroelectric Power Plant", GIE, Italy.
9. "Jupia Hydroelectric Power Plant", GIE, Italy.
10. GUIDETTI, G. AND SAVOYE, R. "Douze turbines Kaplan de construction récente", *Bulletin Technique Vevey*, 1970.
11. "Hitachi Kaplan turbine", Hitachi Limited, Tokyo, Japan.
12. "Turbines Hydrauliques", *Energomachexport*, Moscow, USSR, 1971.
13. KOVALEV, N. N. "Hydroturbines design and construction", Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem, 1965.
14. COEN, M. "Macchine Idrauliche", Signorelli, Milano, 1974.
15. SHEGGOLEV, G. "Problems in designing and constructing large turbines", *Water Power*, April 1974.
16. "The Drau river projects" (Feistritz), *Water Power* February 1969.



centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam



PLANEACION, DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PRESAS

ANALISIS DE ESTABILIDAD DE UNA CORTINA DE MATERIALES GRADUADOS
VERIFICACION POR EL METODO GRAFICO MODIFICADO DE MAY.

ING. JORGE GAMBOA FLORES.
ING. ARTURO AGUILAR SOLORIO.

Marzo, 1980.

ANALISIS DE ESTABILIDAD DE UNA
CORTINA DE MATERIALES GRADUADOS.
VERIFICACION POR EL METODO GRAFICO
MODIFICADO DE MAY.

I. DATOS QUE SE REQUIEREN.

1. Sección máxima de la cortina
2. Niveles del agua
 - NAME (Nivel de aguas máximas extraordinarias)
 - Nivel del agua a la cresta del vertedor.
 - NOT (Nivel a la obra de toma)
 - Nivel del agua aguas abajo de la cortina.
- 3.- Propiedades de los materiales que van a constituir la cortina (obtenidos de laboratorio)
 - Peso volumétrico seco (δ_d)
 - Peso volumétrico saturado (δ_{sat})
 - Angulo de fricción interna (φ)
 - Cohesión (C)
- 4.- Coeficiente Sísmico de la zona en donde se vaya a construir la cortina (obtenido de la Carta Sísmica de la República Mexicana)

II METODOLOGIA A SEGUIR

1. Dibujo de la sección máxima de la cortina en papel albanene a una escala conveniente (ver figura No. 1)
2. Condiciones de Análisis

Las condiciones del análisis de estabilidad de una cortina de materiales graduados son las siguientes :

- a) Circulo de falla en el talud aguas arriba o aguas abajo.

b.) Condiciones Iniciales o Finales

Condiciones iniciales.- Con el flujo de agua por el corazón de material impermeable no establecido.

Condiciones finales.- Con el flujo de agua establecido por el corazón de material impermeable.

c.) Presa llena o presa vacía.

Presa llena.- Con el nivel del agua al NAME: o al nivel a la cista del vertedor.

Presa vacía.- Con el nivel del agua a la obra de toma o el vaso completamente vacío.

d.) Sin sismo o con sismo.

3.- Fórmula para el cálculo del Factor de Seguridad

$$F.S. = \frac{\sum cL + \sum A \tan \varphi}{\sum T \pm Ph_t \text{ (condiciones iniciales)} + FF' \text{ (condiciones finales)}}$$

NOMENCLATURA :

F.S. = factor de seguridad.

$\sum cL$ = cohesión x longitud.

$\sum A \tan \varphi$ = fuerzas normales

$\sum T$ = fuerzas tangenciales

Ph_t = presión hidrostática tangencial

FF' = fuerza de filtración.

- 4.- Numeraación de las zonas de la cortina, en base a los materiales de que este constituida. (Ver figura No. 1)
- 5.- Trazo del círculo de falla y condiciones de análisis.
- 6.- División de la Sección de la Cortina en Dovelas.

La localización de las dovelas se debe hacer en los cambios de material, cambios de talud en la sección, por la corona de la cortina y cimentación (ver figura No. 1) Para facilidad del cálculo las dovelas se deberán numerar de izquierda a derecha. (Ver figura No. 1)

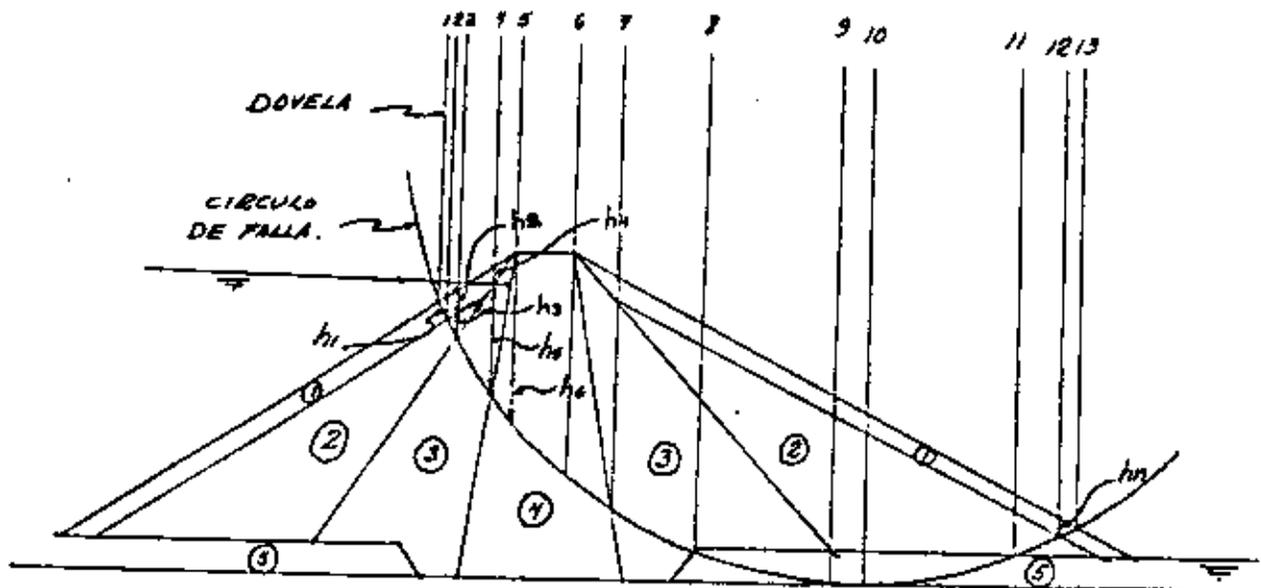


FIGURA No. 1 SECCION MAXIMA DE LA CORTINA Y DIVISION EN DOVELAS.

- 7.- Tabla de propiedades de los materiales. (Tabla No. 1)
- En base a los resultados de laboratorio se debe formar la tabla de las propiedades de los materiales que deberá tener los siguientes datos:

a) Zona de la Cortina

- ① Enrocamiento ② Pizaga de roca ③ Grava y arena
 ④ Material Impermeable ⑤ Acamos de grava y arena.

b) Peso volumétrico seco (γ_d).

- c) Peso volumétrico saturado (γ_{sat})
- d) Peso volumétrico sumergido (γ_{sum})
- e) Ángulo de fricción interna (ϕ)
- f) Tangente del ángulo de fricción interna ($\tan \phi$)
- g) Cohesión (c)

PROPIEDADES DE LOS MATERIALES	ZONA DE LA CORTINA				
	1	2	3	4	5
	COND. INICIALES	COND. INICIALES	COND. INICIALES	COND. INICIALES	COND. INICIALES
γ_d					
γ_{sat}					
γ_{sum}					
ϕ					
$\tan \phi$					
c					

TABLA No. 1

8.- Tabla de Cálculo de los Pesos de las Dovelas W (Tabl. No. 2)

Metodología a seguir:

- a) Se miden las alturas "h" a escala de los diferentes materiales de la sección de la cortina que quedan comprendidos en cada dovela hasta el círculo de falla tomando en cuenta la condición en la que se encuentre el material (seco, sumergido o saturado). Ver figura No. 1 y tabla No. 2
- b) Se anota el peso volumétrico que le corresponde a cada altura de acuerdo con la condición en que se encuentre el material (γ_d , γ_{sat} , γ_{sum})
- c) Se obtiene el peso W multiplicando las alturas "h" por su peso volumétrico (γ)

- d) Se calcula el peso total W_{TOT} de la dovela sumando los pesos parciales w .
- e) Se calcula el incremento del peso por sismo ^(ΔS) multiplicando el coeficiente sísmico (α) por el peso total (W_{TOT})
Ver tabla No. 2

DOVELA	h	γ_d	γ_{SAT}	γ_{SUM}	$W = h\gamma$	$W_{TOT} = \sum W$	$\Delta S = \alpha W_{TOT}$
1-2	h_1	-	-	✓			
2-3	h_2	-	-	✓			
3-4	h_3	✓	-	✓			
4-5	h_4	-	✓	-			
⋮							
12-13	h_n	✓	-	-			

TABLA No. 2

9.- Descomposición gráfica del peso.

Metodología :

- En cada dovela se dibuja el peso total a escala a partir del círculo en cada uno de sus vértices. (Si se requiere se puede dibujar con otra escala diferente a la de la sección de la cortina).
- Del centro del círculo de falla se trazan radios a cada uno de los vértices
- Tomando como base la magnitud del peso se traza una perpendicular a la línea del radio hasta que intersecte el extremo de la línea del peso.
- Gráficamente con este polígono de fuerzas se obtienen las fuerzas normales (N) y las tangenciales (T)
- Todas las fuerzas normales tendrán la misma dirección (mismo signo), pero en cambio las tangenciales tendrán

diferente dirección a partir del radio central del círculo.

f) Se traza el incremento por sismo Δs (cuando se este analizando la condición con sismo) en una línea horizontal a partir del extremo de la línea del peso. En este nuevo punto se hace pasar una nueva línea perpendicular a la normal obteniendo los nuevos valores de las fuerzas normal y tangencial.

En el caso del sismo la fuerza normal se reduce y la tangencial aumenta.

La metodología anterior la podemos observar en la figura No. 2.

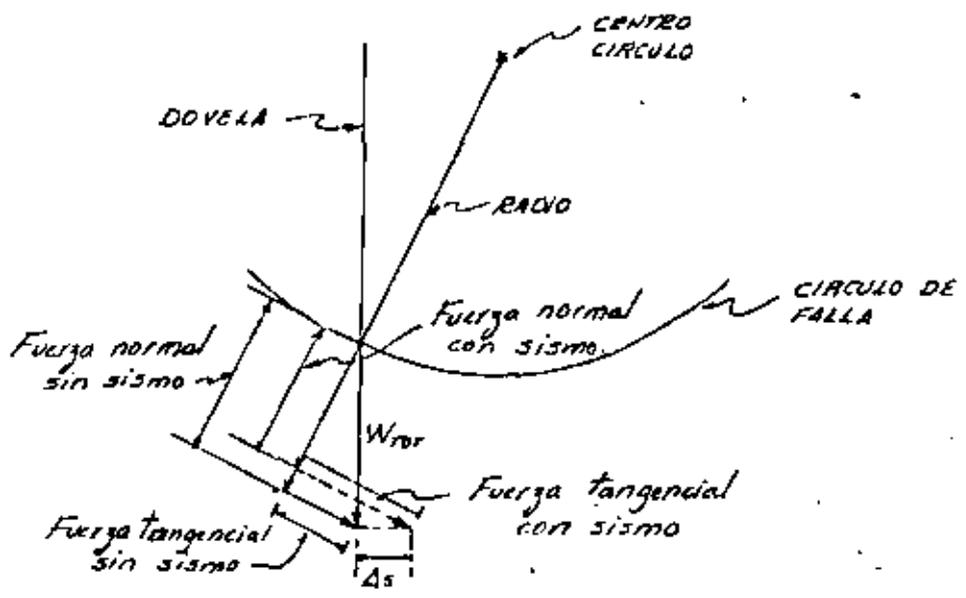


FIGURA No. 2

10.- Gráficas de las fuerzas normales y tangenciales

- a) Con los valores obtenidos del polígono de fuerzas de las fuerzas normales y tangenciales se trazan gráficas (Ver figura No. 3).
- b) Para las fuerzas normales: se deben considerar áreas de los diferentes materiales que integran la sección de la cortina a lo largo del desarrollo del círculo de falla.

- Se planimetran las áreas de cada uno de los materiales ($A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$)
- Cada una de las áreas (A_1, A_2, \dots, A_n) se multiplica por la $\tan \psi$ que le corresponda a cada material.
- Se suman los productos $A_1 \tan \psi_1 + A_2 \tan \psi_2 + \dots + A_n \tan \psi_n$ para obtener el valor $\sum A \tan \psi$ que es uno de los miembros de la fórmula del factor de seguridad (lo que se está haciendo es una integración a lo largo del círculo de falla)

- c) Para las fuerzas tangenciales ^{se obtienen} áreas totales de cada signo. ($T+$ y $T-$)
- Se planimetran estas áreas.
 - Se obtiene la diferencia algebraica de los 2 valores $T_+ - T_-$ para obtener el valor $\sum T$ que es otro miembro de la fórmula del factor de seguridad.

d) Para la condición con. sismo se hace de la misma forma con los nuevos valores de las fuerzas normal y tangencial.

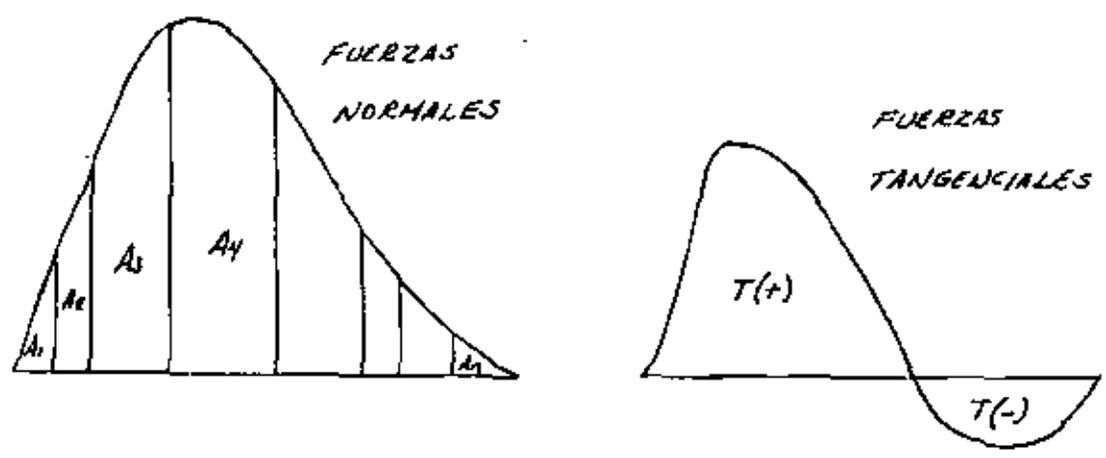


FIGURA No. 3.

11.- Cálculo del término de la Cohesión (ΣcL)

- a) Se tiene que obtener la longitud del material cohesivo (corazón impermeable) a lo largo del círculo de falla. con la siguiente fórmula: (Ver figura No. 4)

$$L = \frac{\text{Radio} \times \alpha^\circ}{57.3^\circ}$$

$$1 \text{ radian} = 57.3^\circ$$

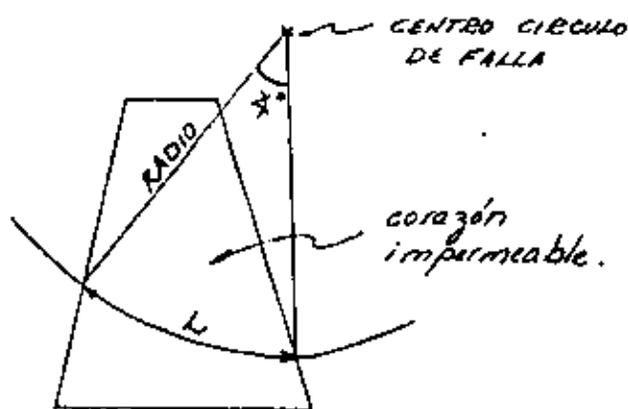


FIGURA No. 4.

- b) El valor de "L" se multiplica por la cohesión "C" del material ya sea para condiciones iniciales o finales y se obtiene el término ΣcL .

12) Obtención del valor de la presión hidrostática $P_{H\text{aguas}}$ arriba y abajo para condiciones iniciales.

- a) El valor de la presión hidrostática se calcula en base al triángulo de presiones que se forma desde el círculo de falla hasta el nivel del agua en contacto con el corazón impermeable. La resultante de la P_H es a los $\frac{2}{3}h$ del triángulo, la cual se prolonga hasta cruzar el círculo de falla. (punto de aplicación). Por este punto se pasa un radio a partir del centro del círculo de falla.

Finalmente se traza una línea perpendicular al radio hasta intersectar el extremo de la línea de la P_h (con el valor calculado con la fórmula:

$$P_h = \frac{\gamma h^2}{2} \quad (\text{presión hidrostática})$$

La dimensión de la línea anterior es el valor de la presión hidrostática tangencial P_{ht} que requerimos en la fórmula del factor de seguridad para condiciones iniciales (ver figura No. 5)

Cuando se tenga P_{ht} aguas arriba y abajo se obtiene la diferencia y es el valor que se anota en la fórmula.

$$P_{ht} = P_{ht} \text{ aguas arriba} - P_{ht} \text{ aguas abajo}$$

El valor de la P_{ht} aguas abajo se obtiene de la misma forma que aguas arriba, pero con el nivel del agua aguas abajo.

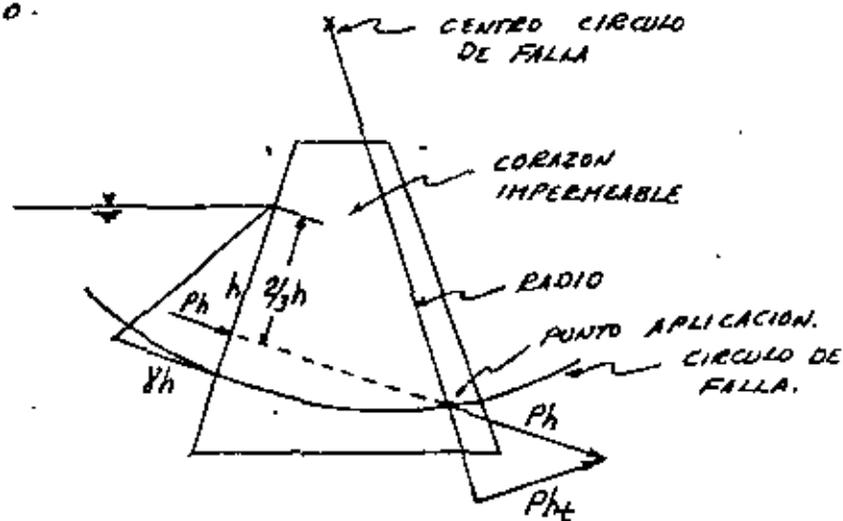


FIGURA No. 5

13. Obtención de las fuerzas de filtración FF' para condiciones finales.

a) Fórmula para calcular FF':

$FF' = \Delta h \times FF_t$ $\Delta h = \frac{H}{\text{No. caídas}}$

H - diferencia del nivel aguas arriba y abajo (carga)
 FF_t - fuerza de filtración tangencial. (Figura No. 6)

b) Hay que realizar la red de flujo para las condiciones de presa llena, presa vacía y vaciado rápido.

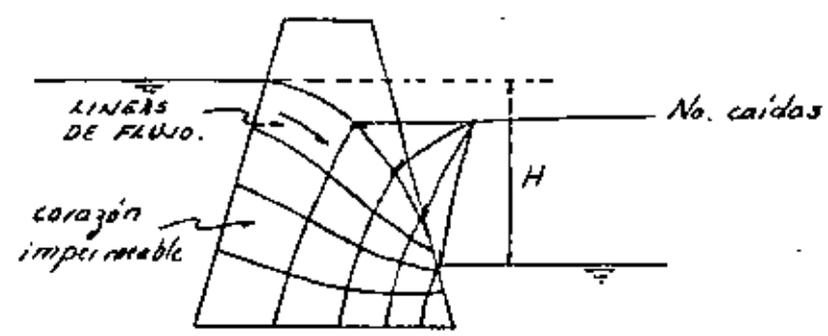


FIGURA No. 6

- c) Obtención de la FF_t, punto de aplicación y dirección.
- Se trazan líneas de flujo (1, 2, 3, 4) en la parte media de los tubos de flujo de la red de flujo del corazón. (Fig. 7)
 - Se forma un polígono de fuerzas con líneas paralelas de las líneas de flujo 1, 2, 3 con la longitud que tienen a partir del círculo de falla. (Fig 8)
 - Se pone un centro arbitrario que lo unimos con las líneas 1, 2, 3 por medio de radios que denominaremos 1, 2, 3 (Fig 8)

- Se obtiene la resultante en dirección y dimensión uniendo las líneas ①, ③. (Fig. No. 8)
- Partiendo del centro del círculo de falla se traza una paralela a la línea ④ hasta cruzar la línea ①. Por este punto se traza una línea paralela a ⑥ hasta cruzar la línea ② y así continua sucesivamente. (Fig. 7)
- Finalmente se unen en algún punto (u) las líneas paralelas a la línea ④ y a la línea ②. Fig. No. 7.
- Por este punto (u) se traza una paralela a la resultante hasta intersectar el círculo de falla, el cual será el punto de aplicación (o). Continuando la línea en la misma dirección se dibuja el valor de la resultante.
- Partiendo del centro del círculo de falla se traza un radio que pase por el punto de aplicación (o). Fig 7.
- Se traza una perpendicular al radio hasta el extremo del valor de la resultante de las fuerzas de filtración ^{Fig 7}
- Esta línea nos proporciona el valor de FF_e que necesitamos para calcular el valor de FF' de la fórmula del factor de seguridad. (Fig. No. 7)

Para mayor claridad ver las figuras Nos. 7 y 8.

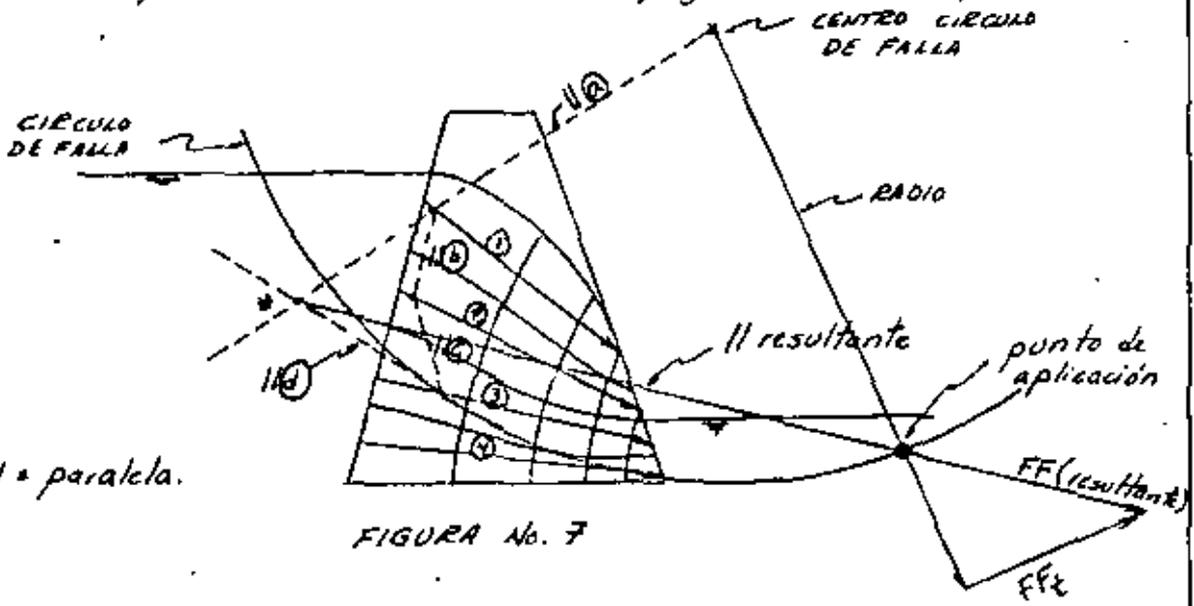


FIGURA No. 7

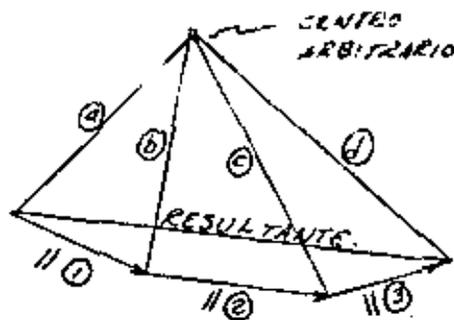


FIGURA No. 8

Finalmente se calcula el factor de seguridad con la fórmula de la página 2.

Los valores obtenidos de los factores de seguridad para la condición que se este analizando se comparan con los valores de los factores de seguridad mínimos aceptables por la S.A.R.H. (según tabla proporcionada en los apuntes de Análisis de Estabilidad de una Cortina de Materiales Graduados por Computadora).

Los resultados se presentan en la tabla que se dió en los apuntes mencionados (valores de los factores de seguridad mínimos de los círculos críticos). Se debe presentar también un plano con los círculos críticos y valores de los factores de seguridad obtenidos para todas las condiciones.

Cuando se realiza el análisis de estabilidad de un círculo por medio de la computadora y por el método gráfico modificado de May, se deben obtener valores del factor de seguridad con una diferencia máxima del 5%.

Cuando los resultados difieren mucho se deben verificar los 2 métodos.



centro de educación continua
división de estudios de posgrado
facultad de ingeniería unam



PLANEACION, DISEÑO Y CONSTRUCCION DE
PRESAS

Método de Elementos Finitos

Hipótesis Básicas del Método
Problema de Elasticidad Plana
Método de Análisis
Manual para el Uso del Programa de Computadora

Ing. Jorge Gamboa Flores

Ing. J. Antonio Gracia García.

Marzo, 1980.



METODO DEL ELEMENTO FINITO

Introducción

En ingeniería, los problemas que se presentan en el análisis de estructuras complejas ante un determinado sistema de cargas, generalmente requieren de una idealización de la estructura en un conjunto finito de componentes individuales que faciliten el estudio del comportamiento del sistema.

En el comportamiento de la cortina de una presa intervienen las características geométricas, la distribución y el tipo de los materiales así como las particularidades de las solicitaciones y los métodos de solución asociadas a los modelos resultantes.

Uno de los modelos más aceptados es el que considera a la estructura como un medio continuo en el que es válido el axioma de continuidad. La teoría de la mecánica del medio continuo está formada por las leyes básicas del movimiento y una teoría constitutiva.

Para ubicar el problema del estudio del comportamiento de la cortina de una presa (o una estructura en general), dentro del campo de la mecánica, se dan a continuación algunas definiciones elementales.

Se entiende por "Mecánica" la parte de la física que estudia el comportamiento de los cuerpos bajo la acción de un sistema de cargas. Pudiendo realizarse el estudio desde un punto de vista Estático o Dinámico; para cuerpos rígidos o para cuerpos deformables.

En el estudio de un cuerpo físico se toma en cuenta su geometría, los materiales que lo constituyen, y las sollicitaciones que sobre el mismo actúan.

El objeto del estudio se reduce básicamente a la determinación del estado de esfuerzos y de deformaciones del conjunto estructural, a partir del comportamiento de los elementos individuales en que se haya discretizado el medio continuo.

Los cuerpos físicos se pueden definir matemáticamente por medio de una región (R), formada por un conjunto de puntos interiores (v) y un conjunto de puntos exteriores (s) o de frontera. ($R = v+s$).

La posición de los puntos interiores del cuerpo respecto a un instante de tiempo (t) se llama "configuración", y el movimiento se entiende como una sucesión de configuraciones.

Dependiendo del tipo de cuerpo físico de que se trate pueden existir diferentes tipos de movimientos. De esta manera, el movimiento de cuerpos deformables es aquel en el que durante el movimiento existe un cambio de posición entre las partículas interiores. Cuando en el movimiento del cuerpo no existe cambio alguno de posición entre las partículas interiores, se hablará de un movimiento de cuerpo rígido.

Para el estudio de las deformaciones de los cuerpos físicos se consideran dos tipos de configuraciones, la configuración no deformada o Lagrangiana

(Sistema de referencia Lagrangiano), y la configuración deformada o Euleriana (Sistema de referencia Euleriano).

Para transformar el sistema de una configuración a otra es necesaria una Ley de transformación o mapeo mediante una determinada Ley que defina las ecuaciones de movimiento. Este mapeo debe ser monovaluado (uno a uno) y la transformación debe ser única.

En el análisis de problemas de naturaleza discreta, dentro del campo de la ingeniería, se ha podido establecer una metodología estándar que básicamente consiste en el establecimiento de ciertas relaciones entre las fuerzas y los desplazamientos para cada uno de los elementos de la estructura y posteriormente ensamblar el conjunto de elementos mediante un procedimiento bien definido, mediante el chequeo local del equilibrio de cada uno de los nudos o puntos de conexión de los elementos dentro del conjunto estructural.

La existencia de esta metodología estándar para la solución de problemas discretos nos lleva a las primeras definiciones del método del elemento finito, tratado éste como un método de aproximación para problemas continuos, tal que: el medio continuo pueda ser dividido en un número finito de partes (o elementos), cuyo comportamiento sea especificado por un número finito de parámetros, y cuya solución del sistema completo pueda tratarse como un ensamble de sus elementos siguiendo precisamente las mismas reglas aplicables a problemas discretos estándar.

Hipótesis Básica del Método

En el estudio del comportamiento de una estructura discretizada en un determinado número de elementos, en el que se hace uso de métodos aproximados para problemas continuos, se establecen las siguientes hipótesis básicas.

- a) El cuerpo en estudio se considera dividido, por líneas o superficies imaginarias, en un número determinado de elementos denominados "elementos finitos".
- b) Se supone que todos los elementos están interconectados por un número discreto de puntos nodales localizados en sus fronteras. Los desplazamientos de los puntos nodales básicamente son los parámetros desconocidos del problema.
- c) Se escoge un conjunto de funciones para definir de una forma única el estado de desplazamiento dentro de cada elemento, en términos de los desplazamientos de sus puntos nodales.
- d) Las funciones de desplazamientos adoptadas definen de una manera única el estado de deformaciones dentro de cada uno de los elementos, en términos de los desplazamientos nodales. Esas deformaciones, junto con las deformaciones iniciales y las propiedades constitutivas de los materiales definirán el estado de esfuerzo dentro de el elemento y a lo largo de sus fronteras.
- e) Se determina el conjunto de fuerzas externas (supuestamente aplicadas en los nudos), y se determinan las condiciones de equilibrio para los esfuerzos en las fronteras de los elementos.

Un Problema de Elasticidad Plana

Con el objeto de poder visualizar, de una manera muy general, los conceptos hasta aquí expresados (los cuales se pueden consultar ampliamente en libro "The Finite Element Method" by O.C. Zienkiewicz-Mc Graw Hill), se presenta el trabajo realizado por los Ingenieros José Luis Sánchez Briblesca y Julio Octavio Lozoya Corrales publicado en la Revista "Ingeniería Hidráulica en México" en 1969 -Vol. XXIII, bajo el título "Notas sobre el Método de Elementos Finitos y su Empleo en la

mecánica del medio continuo".

El trabajo se reduce a la determinación de las ecuaciones para calcular las deformaciones y los esfuerzos de un medio continuo, discretizado en elementos finitos triangulares, mediante la aplicación del método del elemento finito.



Notas sobre el método de elementos finitos y su empleo en la mecánica del medio continuo

Por José Luis SANCHEZ BIRIBESCA
y Julio Octavio LOZOVA CORRALES
Ingenieros Civiles

INTRODUCCION

La solución numérica de las ecuaciones armónica y biarmónica, para atacar problemas de flujo y elasticidad planos, implica ciertas limitaciones que han restringido su empleo.

En efecto, si se desea ajustarse a la frontera prescrita, en la mayor parte de los casos la malla con que se subdivide la región por estudiar debe ser hecha con figuras regulares, o bien, perdiendo precisión y aumentando la complejidad del cálculo se pueden usar "estrellas irregulares".

Además, la inclusión de huecos, el efecto de peso propio y la

estratificación en zonas de diferentes propiedades, ocasionan en el cálculo complicaciones de alguna importancia. No obstante las mejoras sugeridas por Thom, Appel y otros autores para soslayar esas complicaciones, resulta casi tan difícil seguir los criterios propuestos por ellos, como enfrentar directamente esas dificultades.

En los últimos años, Clough, Zienkiewicz y otros han elaborado un método con una concepción diferente, para la aplicación del cual prácticamente no existe ninguna de las limitaciones mencionadas y sin más dificultad para servirse de él que la necesidad de emplear una calculadora

grande. Este método, que en cierta forma es una generalización de los procedimientos matriciales ideados por Meurice, Hall y otros autores que trabajan en la teoría de estructuras, se puede generalizar para el cálculo de losas, cáscaras, piezas a torsión, etcétera.

Lo que aquí se presenta es sólo una síntesis, con el objeto de interesar al lector en este método que ofrece tan amplias perspectivas al ingeniero. Los conceptos aquí esbozados están desarrollados con mayor amplitud en el libro de Zienkiewicz *The Finite Element Method*, McGraw-Hill, 1967.

UN PROBLEMA DE ELASTICIDAD PLANA

Determinación de un estado de esfuerzo plano con el método de elementos finitos

El método se basa en las siguientes hipótesis:

1. El cuerpo en estudio está dividido en triángulos de forma y dimensiones cualesquiera (de preferencia triángulos regulares), articulados en los vértices y ligados sólo en las articulaciones.

2. Los corrimientos de las articulaciones son funciones lineales de las coordenadas de las propias articulaciones.

3. Todas las fuerzas que actúan sobre la estructura están aplicadas en las articulaciones.

Sea una estructura de forma cualquiera sujeta a un sistema de cargas también cualquiera, como se muestra en la figura 1.

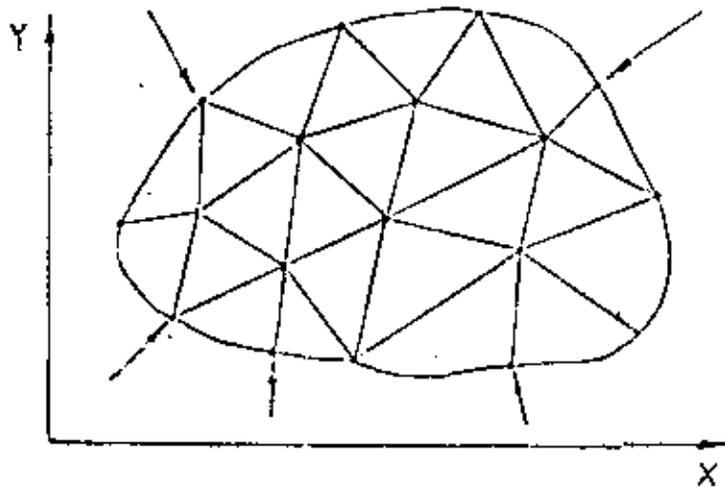


Figura 1

El análisis del problema se continúa, aislando cualquiera de los triángulos de la malla, figura 2.

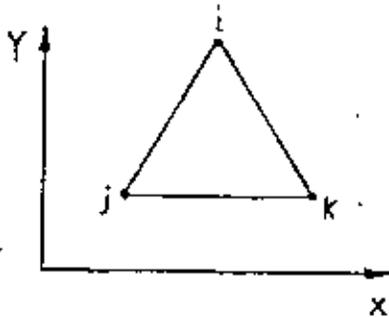


Figura 2

En cada nudo habrá dos tipos de corrimientos, llamados U y V , en las direcciones de los ejes X y Y , respectivamente.

Por la segunda hipótesis.

$$U = A + Bx + Cy \quad (1)$$

$$V = D + Ex + Fy \quad (2)$$

La aplicación de estas expresiones a cada articulación da por resultado los sistemas

$$\begin{aligned} U_i &= A + Bx_i + Cy_i \\ U_j &= A + Bx_j + Cy_j \end{aligned} \quad (3)$$

$$U_k = A + Bx_k + Cy_k$$

$$\begin{aligned} V_i &= D + Ex_i + Fy_i \\ V_j &= D + Ex_j + Fy_j \\ V_k &= D + Ex_k + Fy_k \end{aligned} \quad (4)$$

El determinante de los sistemas de ecuaciones resulta:

$$\Delta s = \begin{vmatrix} 1 & x_i & y_i \\ 1 & x_j & y_j \\ 1 & x_k & y_k \end{vmatrix} \quad (5)$$

Este determinante vale el doble del área del triángulo de vértices i, j, k , esto es:

$$\Delta s = 2 \Delta \quad (5')$$

Las incógnitas A, B y C del sistema (3) resultan:

$$\begin{aligned} A &= \frac{1}{2\Delta} \begin{vmatrix} U_i & x_i & y_i \\ U_j & x_j & y_j \\ U_k & x_k & y_k \end{vmatrix} \\ B &= \frac{1}{2\Delta} \begin{vmatrix} 1 & U_i & y_i \\ 1 & U_j & y_j \\ 1 & U_k & y_k \end{vmatrix} \\ C &= \frac{1}{2\Delta} \begin{vmatrix} 1 & x_i & U_i \\ 1 & x_j & U_j \\ 1 & x_k & U_k \end{vmatrix} \end{aligned} \quad (6)$$

Desarrollando los determinantes se tiene:

$$\begin{aligned} A &= \frac{1}{2\Delta} [U_i \bar{\alpha} + U_j \bar{\beta} + U_k \bar{\gamma}] \\ B &= \frac{1}{2\Delta} [U_i \bar{\delta} + U_j \bar{\epsilon} + U_k \bar{\zeta}] \\ C &= \frac{1}{2\Delta} [U_i \bar{\eta} + U_j \bar{\theta} + U_k \bar{\zeta}] \end{aligned} \quad (7)$$

en que

$$\begin{aligned} \bar{\alpha} &= x_j y_k - x_k y_j & \bar{\beta} &= x_k y_i - x_i y_k & \bar{\gamma} &= x_i y_j - x_j y_i \\ \bar{\delta} &= y_j - y_k & \bar{\epsilon} &= y_k - y_i & \bar{\zeta} &= y_i - y_j \\ \bar{\eta} &= x_k - x_j & \bar{\theta} &= x_i - x_k & \bar{\zeta} &= x_j - x_i \end{aligned} \quad (8)$$

En forma análoga se obtienen las incógnitas D, E y F del sistema (4)

$$\begin{aligned} D &= \frac{1}{2 \sigma_{\Delta}} \left[v_i \bar{\alpha} + v_j \bar{\beta} + v_k \bar{\gamma} \right] \\ E &= \frac{1}{2 \sigma_{\Delta}} \left[v_i \bar{\delta} + v_j \bar{\epsilon} + v_k \bar{\zeta} \right] \\ F &= \frac{1}{2 \sigma_{\Delta}} \left[v_i \bar{\eta} + v_j \bar{\theta} + v_k \bar{\zeta} \right] \end{aligned} \quad (9)$$

Las deformaciones unitarias en cualquier punto de la estructura se expresan por:

$$\begin{aligned} \epsilon_x &= \frac{\partial U}{\partial X} \\ \epsilon_y &= \frac{\partial V}{\partial Y} \\ \gamma_{xy} &= \frac{\partial U}{\partial Y} + \frac{\partial V}{\partial X} \end{aligned} \quad (10)$$

de (1) y (2)

$$\begin{aligned} \epsilon_x &= \frac{\partial U}{\partial X} = B \\ \epsilon_y &= \frac{\partial V}{\partial Y} = F \\ \gamma_{xy} &= \frac{\partial U}{\partial Y} + \frac{\partial V}{\partial X} = C + E \end{aligned} \quad (10')$$

El tensor deformación unitaria es:

$$\left\{ \epsilon \right\} = \begin{Bmatrix} \epsilon_x \\ \epsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} \frac{\partial U}{\partial X} \\ \frac{\partial V}{\partial Y} \\ \frac{\partial U}{\partial Y} + \frac{\partial V}{\partial X} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} B \\ F \\ C + E \end{Bmatrix} \quad (11)$$

si se reemplazan los valores de B, F, C y E que se tienen en (7) y (9)

$$\left\{ \epsilon \right\} = \frac{1}{2 \sigma_{\Delta}} \begin{Bmatrix} u_i \bar{\delta} + u_j \bar{\epsilon} + u_k \bar{\zeta} \\ v_i \bar{\eta} + v_j \bar{\theta} + v_k \bar{\zeta} \\ u_i \bar{\eta} + u_j \bar{\theta} + u_k \bar{\zeta} + v_i \bar{\delta} + v_j \bar{\epsilon} + v_k \bar{\zeta} \end{Bmatrix} \quad (11')$$

El vector deformación para cada triángulo se define como:

$$\{\delta\} = \begin{Bmatrix} U_i \\ U_j \\ U_k \\ V_i \\ V_j \\ V_k \end{Bmatrix} \quad (12)$$

De (11) y (12)

$$\{\epsilon\} = \frac{1}{2A_\Delta} \begin{Bmatrix} \bar{\delta} & \bar{\epsilon} & \bar{\zeta} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \bar{\eta} & \bar{\theta} & \bar{\tau} \\ \bar{\eta} & \bar{\theta} & \bar{\tau} & \delta & \epsilon & \zeta \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} U_i \\ U_j \\ U_k \\ V_i \\ V_j \\ V_k \end{Bmatrix} \quad (13)$$

o sea

$$\{\epsilon\} = \{B\} \{\delta\} \quad (13')$$

en que

$$\{B\} = \frac{1}{2A_\Delta} \begin{Bmatrix} \bar{\delta} & \bar{\epsilon} & \bar{\zeta} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \bar{\eta} & \bar{\theta} & \bar{\tau} \\ \bar{\eta} & \bar{\theta} & \bar{\tau} & \delta & \epsilon & \zeta \end{Bmatrix} \quad (14)$$

La Ley de Hooke generalizada establece:

$$\begin{aligned} \epsilon_x &= \frac{\partial u}{\partial x} = \frac{1}{E} (\sigma_x - n\sigma_y) \\ \epsilon_y &= \frac{\partial v}{\partial y} = \frac{1}{E} (\sigma_y - n\sigma_x) \end{aligned} \quad (15)$$

y de aquí

$$\begin{aligned} E\epsilon_x &= \sigma_x - n\sigma_y \\ E\epsilon_y &= \sigma_y - n\sigma_x \end{aligned} \quad (15')$$

Si se multiplica la última expresión de (15') por n

$$nE\epsilon_y = n\sigma_y - n^2\sigma_x \quad (16)$$

de estas expresiones se obtiene:

$$E(\epsilon_x + n\epsilon_y) = (1 - n^2)\sigma_x \quad (17)$$

finalmente

$$\sigma_x = \frac{E(\epsilon_x + n\epsilon_y)}{1 - n^2} \quad (18)$$

de forma análoga

$$\sigma_y = \frac{E(\epsilon_y + n\epsilon_x)}{1 - n^2} \quad (19)$$

además se tiene que

$$\delta_{xy} = \frac{E}{2(1+n)} \gamma_{xy} \quad (20)$$

Se define como tensor esfuerzo a

$$\{\sigma\} = \begin{Bmatrix} \sigma_x \\ \sigma_y \\ \tau_{xy} \end{Bmatrix} = \frac{E}{1-\nu^2} \begin{Bmatrix} \epsilon_x + \nu \epsilon_y \\ \epsilon_y + \nu \epsilon_x \\ \frac{1-\nu}{2} \gamma_{xy} \end{Bmatrix} \quad (21)$$

que puede expresarse también como

$$\{\sigma\} = \frac{E}{1-\nu^2} \begin{Bmatrix} 1 & \nu & 0 \\ \nu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-\nu}{2} \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} \epsilon_x \\ \epsilon_y \\ \gamma_{xy} \end{Bmatrix} \quad (22)$$

o sea

$$\{\sigma\} = \{D\} \{\epsilon\} \quad (22')$$

en que

$$\{D\} = \frac{E}{1-\nu^2} \begin{Bmatrix} 1 & \nu & 0 \\ \nu & 1 & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1-\nu}{2} \end{Bmatrix} \quad (23)$$

Reemplazando (13') en (22')

$$\{\sigma\} = \{D\} \{B\} \{\delta\} \quad (22'')$$

ahora

$$\{D\} \{B\} = \{H\} \quad (24)$$

$$\{\sigma\} = \{H\} \{\delta\} \quad (22''')$$

y si se desarrolla el producto $\{D\} \{B\}$

tomando en cuenta a (14) y (23), se tiene:

$$\{H\} = \frac{E}{2\sigma_\Delta(1-\nu^2)} \begin{Bmatrix} \bar{\delta} & \bar{\epsilon} & \bar{\gamma} & n\bar{\eta} & n\bar{\theta} & n\bar{\gamma} \\ n\bar{\delta} & n\bar{\epsilon} & n\bar{\gamma} & \bar{\eta} & \bar{\theta} & \bar{\gamma} \\ \frac{1-\nu}{2}\bar{\eta} & \frac{1-\nu}{2}\bar{\theta} & \frac{1-\nu}{2}\bar{\gamma} & \frac{1-\nu}{2}\bar{\delta} & \frac{1-\nu}{2}\bar{\epsilon} & \frac{1-\nu}{2}\bar{\gamma} \end{Bmatrix} \quad (24')$$

Si se aísla uno cualquiera de los triángulos y se dibujan en él las fuerzas que actúan en los nudos resulta:

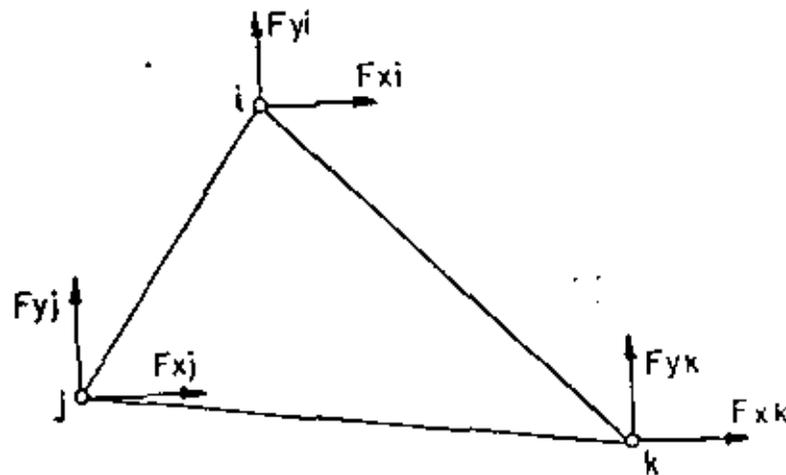


Figura 3

El vector de las fuerzas internas para cada triángulo se define como:

$$\{F\} = \begin{Bmatrix} F_{xi} \\ F_{xj} \\ F_{xk} \\ F_{yi} \\ F_{yj} \\ F_{yk} \end{Bmatrix} \quad (25)$$

y el trabajo virtual para cada triángulo será

$$\{\delta\} = \{F\} \{\delta\}^T = \int \{\epsilon\}^T \{\sigma\} d\sigma_\Delta e \quad (26)$$

Se puede hacer ver que si $\{\epsilon\} = \{B\} \{\delta\}$

$$\text{entonces } \{\epsilon\}^T = \{B\}^T \{\delta\}^T \quad (27)$$

y el desarrollo de la integral en (26) da por resultado

$$\{Z\} = \{F\} \left\{ \delta \right\}^T = \{B\}^T \left\{ \delta \right\}^T \{ \sigma \} \Omega_{\Delta} e^{\Delta} \quad (26)$$

de aquí se concluye

$$\{F\} = \{B\}^T \{ \sigma \} \Omega_{\Delta} e \quad (28)$$

reemplazando (22'') en (28)

$$\{F\} = \{B\}^T \{D\} \{B\} \left\{ \delta \right\} \Omega_{\Delta} e \quad (28')$$

de esta última expresión se nombrará

$$\{K\} = \{B\}^T \{D\} \{B\} \Omega_{\Delta} e \quad (27)$$

el desarrollo de este producto múltiple da por resultado

$$\{K\} = \frac{Ee}{4\Omega_{\Delta}(1-n^2)} \begin{pmatrix} \delta\delta + \frac{1-n}{2}\eta\eta & \delta\epsilon + \frac{1-n}{2}\eta\theta & \delta\zeta + \frac{1-n}{2}\eta\tau & \delta\eta + \frac{1-n}{2}\eta\gamma & \delta\theta + \frac{1-n}{2}\eta\epsilon & \delta\tau + \frac{1-n}{2}\eta\zeta \\ \epsilon\delta + \frac{1-n}{2}\theta\eta & \epsilon\epsilon + \frac{1-n}{2}\theta\theta & \epsilon\zeta + \frac{1-n}{2}\theta\tau & \epsilon\eta + \frac{1-n}{2}\theta\gamma & \epsilon\theta + \frac{1-n}{2}\theta\epsilon & \epsilon\tau + \frac{1-n}{2}\theta\zeta \\ \zeta\delta + \frac{1-n}{2}\tau\eta & \zeta\epsilon + \frac{1-n}{2}\tau\theta & \zeta\zeta + \frac{1-n}{2}\tau\tau & \zeta\eta + \frac{1-n}{2}\tau\gamma & \zeta\theta + \frac{1-n}{2}\tau\epsilon & \zeta\tau + \frac{1-n}{2}\tau\zeta \\ \eta\delta + \frac{1-n}{2}\gamma\eta & \eta\epsilon + \frac{1-n}{2}\gamma\theta & \eta\zeta + \frac{1-n}{2}\gamma\tau & \eta\eta + \frac{1-n}{2}\gamma\gamma & \eta\theta + \frac{1-n}{2}\gamma\epsilon & \eta\tau + \frac{1-n}{2}\gamma\zeta \\ \theta\delta + \frac{1-n}{2}\epsilon\eta & \theta\epsilon + \frac{1-n}{2}\epsilon\theta & \theta\zeta + \frac{1-n}{2}\epsilon\tau & \theta\eta + \frac{1-n}{2}\epsilon\gamma & \theta\theta + \frac{1-n}{2}\epsilon\epsilon & \theta\tau + \frac{1-n}{2}\epsilon\zeta \\ \tau\delta + \frac{1-n}{2}\zeta\eta & \tau\epsilon + \frac{1-n}{2}\zeta\theta & \tau\zeta + \frac{1-n}{2}\zeta\tau & \tau\eta + \frac{1-n}{2}\zeta\gamma & \tau\theta + \frac{1-n}{2}\zeta\epsilon & \tau\tau + \frac{1-n}{2}\zeta\zeta \end{pmatrix} \quad (29)$$

Como se ve, $\{K\}$ depende de las coordenadas de los vértices del triángulo en estudio, por lo que se puede determinarla directamente.

Reemplazando (29) en (28') se tiene

$$\{F\} = \{K\} \left\{ \delta \right\} \quad (28'')$$

de (28'') se ve que si se conocen las fuerzas $\{F\}$

en cada nudo, pueden determinarse también en cada nudo, los corrimientos $\{\delta\}$.

Por la expresión (24'), se observa que $\{PF\}$, al igual que $\{K\}$, depende de las coordenadas de los vértices de cada triángulo y si éstas se conocen es posible obtener directamente su valor. Además, si se determina $\{\delta\}$ como se indicó anteriormente, con (22''') es posible hallar los esfuerzos en los nu-

dos, que es lo que, al fin de cuenta, se pretende obtener en esta aplicación del método de Elementos Finitos.

La sistematización del método puede verse mediante el ejemplo simple que se presenta a continuación.

Sea una estructura cualquiera como la mostrada en la figura 4.

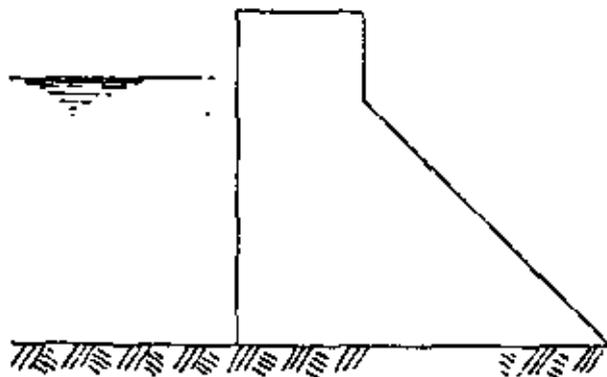


Figura 4

El primer paso consiste en formar una malla triangular en el cuerpo de la estructura, nombrar los vértices de los triángulos (de preferencia con las letras del abecedario) y aplicar las fuerzas externas en los nudos de la malla, figura 5.

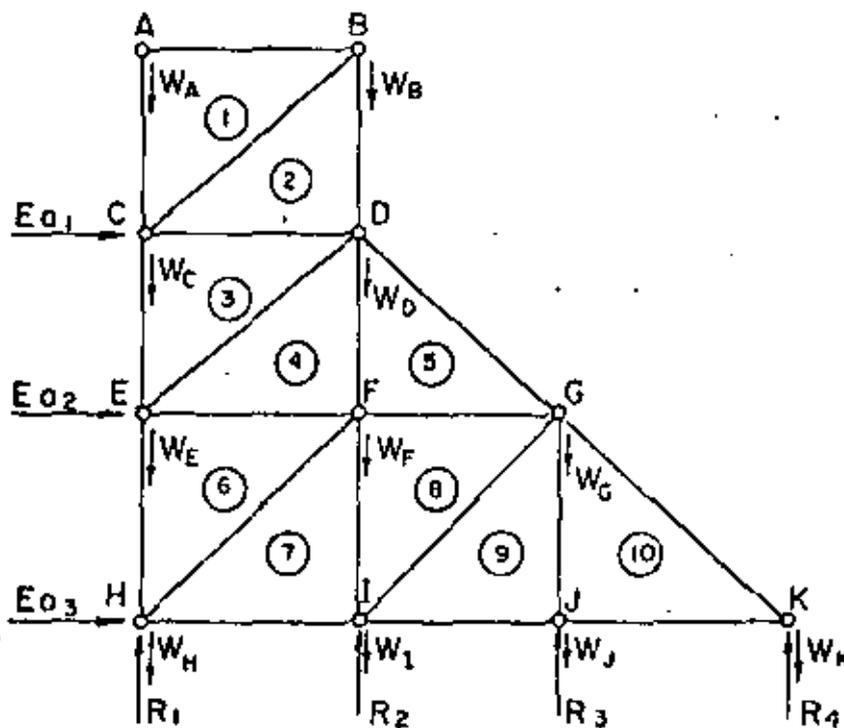


Figura 5

Las fuerzas W que aparecen en los nudos de la figura 5 son el resultado de suponer que el peso de la estructura se concentra en los nudos de la malla, las fuerzas R son las reacciones del terreno y E_0 los empujes del agua. El suponer concentra-

das estas fuerzas en los nudos, es aplicar la tercera hipótesis fundamental del método.

A las fuerzas anteriores deben añadirse las debidas a subpresión; las cuales es posible obtener con otra variante del método de Elementos Finitos.

tos aplicado al trazo de redes de flujo, las debidas a sismo, etc.

Las fuerzas W se obtienen de la siguiente manera:

Se supone aislado cada triángulo de la malla, por ejemplo el 1, figura 6,

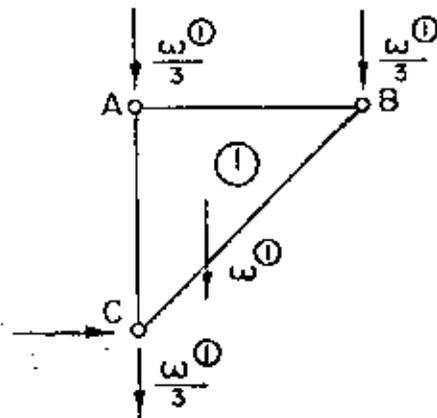


Figura 6

el peso del triángulo se divide en tres fuerzas aplicadas en los vértices, de valor un tercio del peso, esto mismo se hace para los restantes triángulos de la malla, y finalmente las fuerzas W en los nudos son el resultado de sumar las fuerzas que los triángulos aportan a cada nudo.

Para aclarar esto pueden determinarse los valores W_A y W_B

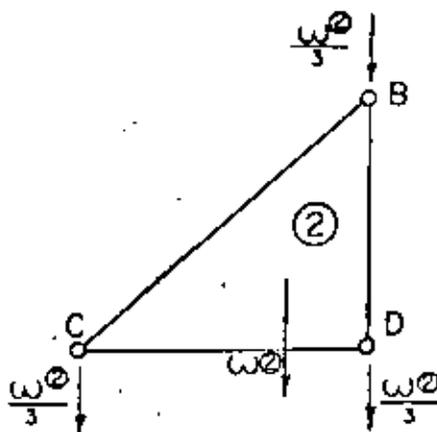


Figura 7

De las figuras 6 y 7 se tiene

$$\begin{aligned} W_A &= \frac{\omega^1}{3} \\ W_B &= \frac{\omega^1}{3} + \frac{\omega^2}{3} \end{aligned} \quad (30)$$

El siguiente paso consiste en desarrollar la ecuación (28''). La matriz $\{K\}$ tiene un valor particular para cada triángulo, y en virtud de que su expresión general (29') es complicada, por sencillez puede escribirse

$$\{K\} = \begin{Bmatrix} K_{11}^{(m)} & K_{12}^{(m)} & K_{13}^{(m)} & K_{14}^{(m)} & K_{15}^{(m)} & K_{16}^{(m)} \\ K_{21}^{(m)} & K_{22}^{(m)} & K_{23}^{(m)} & K_{24}^{(m)} & K_{25}^{(m)} & K_{26}^{(m)} \\ K_{31}^{(m)} & K_{32}^{(m)} & K_{33}^{(m)} & K_{34}^{(m)} & K_{35}^{(m)} & K_{36}^{(m)} \\ K_{41}^{(m)} & K_{42}^{(m)} & K_{43}^{(m)} & K_{44}^{(m)} & K_{45}^{(m)} & K_{46}^{(m)} \\ K_{51}^{(m)} & K_{52}^{(m)} & K_{53}^{(m)} & K_{54}^{(m)} & K_{55}^{(m)} & K_{56}^{(m)} \\ K_{61}^{(m)} & K_{62}^{(m)} & K_{63}^{(m)} & K_{64}^{(m)} & K_{65}^{(m)} & K_{66}^{(m)} \end{Bmatrix} \quad (29')$$

donde $m = 1, 2, 3, \dots$ etc. y corresponde al número del triángulo.

Uno cualquiera de los elementos de la matriz vale:

$$K_{ii}^{(m)} = \frac{Ee}{4Q_{\Delta}(1-n^2)} \left(\bar{I} \bar{I} + \frac{1-n}{2} \bar{I} \bar{I} \right) \quad (31)$$

y en función de las coordenadas de los vértices del triángulo m resulta:

$$K_{ii}^{(m)} = \frac{Ee}{4Q_{\Delta}(1-n^2)} \left[(Y_j - Y_k)(Y_j - Y_k) + \frac{1-n}{2} (X_k - X_j)(X_k - X_j) \right] \quad (31')$$

El desarrollo de todas las expresiones hasta incluir la (29'), se hizo tomando como base un triángulo de vértices i, j, k , de modo que para aplicarlas a triángulos cuyos vértices tienen nomenclatura diferente y con el fin de facilitar el empleo sistemático de (29') se recomienda suponer lo siguiente: en todos los casos, i corresponde a la letra (o número si se emplea numeración corrida) que aparezca en el triángulo con menor rango (llamando letra de menor rango a la A y de mayor rango a la Z), una vez fijado el vértice i , los restantes j y k se marcarán siguiendo el sentido contrario de las manecillas del reloj, como se muestra en la figura 8, que es el triángulo 1 de la figura 5.

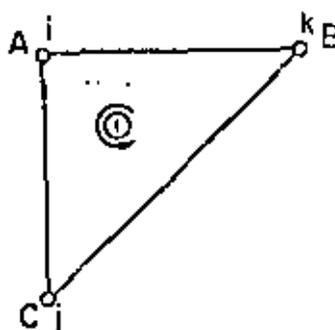


Figura 1

La ecuación (28^o) puede escribirse como:

$$\begin{Bmatrix} F_{xi}^{(1)} \\ F_{xj}^{(1)} \\ F_{xk}^{(1)} \\ F_{yi}^{(1)} \\ F_{yj}^{(1)} \\ F_{yk}^{(1)} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} K_{11}^{(1)} & K_{12}^{(1)} & K_{13}^{(1)} & K_{14}^{(1)} & K_{15}^{(1)} & K_{16}^{(1)} \\ K_{21}^{(1)} & - & - & - & - & - \\ K_{31}^{(1)} & - & - & - & - & - \\ K_{41}^{(1)} & - & - & - & - & - \\ K_{51}^{(1)} & - & - & - & - & - \\ K_{61}^{(1)} & - & - & - & - & - \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} U_i \\ U_j \\ U_k \\ V_i \\ V_j \\ V_k \end{Bmatrix} \quad (28^{oa})$$

(28^{oa}) aplicada al triángulo ① resulta:

$$\begin{Bmatrix} F_{x_A}^{(1)} \\ F_{x_C}^{(1)} \\ F_{x_B}^{(1)} \\ F_{y_A}^{(1)} \\ F_{y_C}^{(1)} \\ F_{y_B}^{(1)} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} K_{11}^{(1)} & K_{12}^{(1)} & K_{13}^{(1)} & K_{14}^{(1)} & K_{15}^{(1)} & K_{16}^{(1)} \\ K_{21}^{(1)} & - & - & - & - & - \\ K_{31}^{(1)} & - & - & - & - & - \\ K_{41}^{(1)} & - & - & - & - & - \\ K_{51}^{(1)} & - & - & - & - & - \\ K_{61}^{(1)} & - & - & - & - & - \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} U_A \\ U_C \\ U_B \\ V_A \\ V_C \\ V_B \end{Bmatrix} \quad (28^{oa})^{(1)}$$

En cada nudo (n) deberá cumplirse que la suma de las fuerzas externas es igual a la suma de

las fuerzas Internas, es decir:

$$\sum \mathcal{F}_{xn} = \sum F_{xn}^{(1)} \quad (32)$$

y

$$\sum \mathcal{F}_{yn} = \sum F_{yn}^{(1)} \quad (33)$$

en que \mathcal{F} son fuerzas externas y F son fuerzas Internas.

Para el nudo A y en dirección X se tiene: $\sum \mathcal{F}'_{XA} = 0$

Iguando
$$F_{XA}^{\textcircled{1}} = K_{11}^{\textcircled{1}} U_A + K_{12}^{\textcircled{1}} U_C + K_{13}^{\textcircled{1}} U_B + K_{14}^{\textcircled{1}} V_A + K_{15}^{\textcircled{1}} V_C + K_{16}^{\textcircled{1}} V_B$$

$$0 = K_{11}^{\textcircled{1}} U_A + K_{12}^{\textcircled{1}} U_C + K_{13}^{\textcircled{1}} U_B + K_{14}^{\textcircled{1}} V_A + K_{15}^{\textcircled{1}} V_C + K_{16}^{\textcircled{1}} V_B$$

en la dirección Y resulta $\sum \mathcal{F}'_{YA} = W_A$

Iguando
$$F_{YA}^{\textcircled{1}} = K_{41}^{\textcircled{1}} U_A + K_{42}^{\textcircled{1}} U_C + K_{43}^{\textcircled{1}} U_B + K_{44}^{\textcircled{1}} V_A + K_{45}^{\textcircled{1}} V_C + K_{46}^{\textcircled{1}} V_B$$

$$W_A = K_{41}^{\textcircled{1}} U_A + K_{42}^{\textcircled{1}} U_C + K_{43}^{\textcircled{1}} U_B + K_{44}^{\textcircled{1}} V_A + K_{45}^{\textcircled{1}} V_C + K_{46}^{\textcircled{1}} V_B$$

La aplicación de la ecuación (28''') al triángulo 2 da por resultado:

$$\begin{Bmatrix} F_{XB}^{\textcircled{2}} \\ F_{XC}^{\textcircled{2}} \\ F_{XD}^{\textcircled{2}} \\ F_{YB}^{\textcircled{2}} \\ F_{YC}^{\textcircled{2}} \\ F_{YD}^{\textcircled{2}} \end{Bmatrix} = \begin{Bmatrix} K_{11}^{\textcircled{2}} & K_{12}^{\textcircled{2}} & K_{13}^{\textcircled{2}} & K_{14}^{\textcircled{2}} & K_{15}^{\textcircled{2}} & K_{16}^{\textcircled{2}} \\ K_{21}^{\textcircled{2}} & - & - & - & - & - \\ K_{31}^{\textcircled{2}} & - & - & - & - & - \\ K_{41}^{\textcircled{2}} & - & - & - & - & - \\ K_{51}^{\textcircled{2}} & - & - & - & - & - \\ K_{61}^{\textcircled{2}} & - & - & - & - & - \end{Bmatrix} \begin{Bmatrix} U_B \\ U_C \\ U_D \\ V_B \\ V_C \\ V_D \end{Bmatrix} \quad (28''')^{(2)}$$

en el nudo B y en dirección X se tiene:

$$\sum \mathcal{F}'_{XB} = 0$$

$$F_{XB}^{\textcircled{2}} = K_{11}^{\textcircled{2}} U_B + K_{12}^{\textcircled{2}} U_C + K_{13}^{\textcircled{2}} U_D + K_{14}^{\textcircled{2}} V_B + K_{15}^{\textcircled{2}} V_C + K_{16}^{\textcircled{2}} V_D$$

$$F_{XB}^{\textcircled{1}} = K_{31}^{\textcircled{1}} U_A + K_{32}^{\textcircled{1}} U_C + K_{33}^{\textcircled{1}} U_B + K_{34}^{\textcircled{1}} V_A + K_{35}^{\textcircled{1}} V_C + K_{36}^{\textcircled{1}} V_B$$

la ecuación (32) queda: $\sum \mathcal{F}'_{XB} = F_{XB}^{\textcircled{1}} + F_{XB}^{\textcircled{2}}$

reemplazando

$$0 = K_{31}^{\textcircled{1}} U_A + (K_{33}^{\textcircled{1}} + K_{11}^{\textcircled{2}}) U_B + (K_{32}^{\textcircled{1}} + K_{12}^{\textcircled{2}}) U_C + K_{13}^{\textcircled{2}} U_D + K_{34}^{\textcircled{1}} V_A +$$

$$+ (K_{36}^{\textcircled{1}} + K_{14}^{\textcircled{2}}) V_B + (K_{35}^{\textcircled{1}} + K_{15}^{\textcircled{2}}) V_C + K_{16}^{\textcircled{2}} V_D$$

La sistematización del método, aplicado a todos los nudos y en las direcciones X y Y da por resultado un sistema de ecuaciones en el que las incógnitas son los desplazamientos U_n y V_n .

La matriz de los coeficientes puede formarse de la manera que se muestra en la figura 9.

		U _A A						V _A U _B B		V _B U _C C		V _C U _D D		V _D		T. I.	
A	X	K ₁₁ [Ⓚ]	K ₁₄ [Ⓚ]	K ₁₃ [Ⓚ]	K ₁₆ [Ⓚ]	K ₁₂ [Ⓚ]	K ₁₅ [Ⓚ]										0
	X	K ₄₁ [Ⓚ]	K ₄₄ [Ⓚ]	K ₄₃ [Ⓚ]	K ₄₆ [Ⓚ]	K ₄₂ [Ⓚ]	K ₄₅ [Ⓚ]										+W _A
B	X	K ₃₁ [Ⓚ]	K ₃₄ [Ⓚ]	K ₃₃ [Ⓚ]	K ₃₆ [Ⓚ]	K ₃₂ [Ⓚ]	K ₃₅ [Ⓚ]	K ₁₃ [Ⓚ]	K ₁₆ [Ⓚ]								0
	X																

Figura 9

En forma enteramente análoga a lo que se hizo con la matriz (K) en la ecuación (28'') puede hacerse con la matriz (H) en la ecuación (22'''), resulta entonces

$$\left\{ H \right\} = \begin{pmatrix} h_{11}^{(m)} & h_{12}^{(m)} & h_{13}^{(m)} & h_{14}^{(m)} & h_{15}^{(m)} & h_{16}^{(m)} \\ h_{21}^{(m)} & h_{22}^{(m)} & h_{23}^{(m)} & h_{24}^{(m)} & h_{25}^{(m)} & h_{26}^{(m)} \\ h_{31}^{(m)} & h_{32}^{(m)} & h_{33}^{(m)} & h_{34}^{(m)} & h_{35}^{(m)} & h_{36}^{(m)} \\ h_{41}^{(m)} & h_{42}^{(m)} & h_{43}^{(m)} & h_{44}^{(m)} & h_{45}^{(m)} & h_{46}^{(m)} \\ h_{51}^{(m)} & h_{52}^{(m)} & h_{53}^{(m)} & h_{54}^{(m)} & h_{55}^{(m)} & h_{56}^{(m)} \\ h_{61}^{(m)} & h_{62}^{(m)} & h_{63}^{(m)} & h_{64}^{(m)} & h_{65}^{(m)} & h_{66}^{(m)} \end{pmatrix} \quad (24'')$$

Uno cualquiera de los elementos de la matriz (H) vale:
$$h_{ii}^{(m)} = \frac{E}{2\sigma_{\Delta} (1-n^2)} \int \quad (34)$$

en función de las coordenadas de los vértices del triángulo m resulta:

$$h_{ii}^{(m)} = \frac{E}{2\sigma_{\Delta} (1-n^2)} (Y_j - Y_k) \quad (34')$$

La regla para los índices i, j y k es la misma que se enunció anteriormente.

Al aplicar la fórmula (22''') en la misma forma que se aplica la fórmula (28'') resulta un sistema de ecuaciones, en el que los datos son (δ) y (H) y las incógnitas son los esfuerzos (f).



METODO DE ANALISIS

GENERALIDADES

En este capítulo se presentan los fundamentos del método de análisis para obtener los esfuerzos y deformaciones en una cortina de terraplen por efecto de peso propio, simulándose el proceso de construcción por etapas de la cortina y considerando el comportamiento elasto-plástico del material que la constituye.

El método consiste en considerar la sección por analizar, como una serie de elementos finitos interconectados entre sí en sus puntos nodales. De esta manera se plantean las ecuaciones de equilibrio de todo el sistema en función de las fuerzas y desplazamientos de cada uno de los puntos nodales de interconexión. Esto permite introducir en el análisis las características geométricas de la estructura, las distintas propiedades mecánicas de los materiales que la constituyen y las condiciones de sollicitación externas o internas que generan los esfuerzos y deformaciones de cada elemento finito de la estructura.

Las ecuaciones que se plantean para cada uno de los puntos nodales presupone una distribución de los desplazamientos en dichos puntos. Esta distribución es seleccionada para satisfacer ciertas condiciones de cualquier elemento de geometría y características mecánicas conocidas.

De esta manera, conociendo el campo de desplazamientos de los elementos finitos, es posible derivar la matriz de rigideces del elemento, obteniéndose por medio de la combinación de dichas rigideces individuales la rigidez de todo el conjunto. Si designamos al vector $\{r\}$ como los desplazamientos de los puntos nodales, $\{R\}$ a las fuerzas nodales correspondientes y a la matriz $\{K\}$ como las rigideces de todo el sistema, se pueden expresar las ecuaciones de equilibrio estático como:

$$\{K\} \{r\} = \{R\} \quad \text{Ecuación 1}$$

Para el presente análisis se idealizó la cortina con una malla de elementos finitos triangulares por ser este elemento el único en el cual los desplazamientos son supuestos a ser funciones lineales de las coordenadas x, y . Esta distribución lleva a deformaciones y esfuerzos constantes dentro del elemento.

El método del elemento finito fue originalmente desarrollado para tratar sistemas lineales, ya que su solución puede ser obtenida fácilmente por medio de álgebra matricial. Sin embargo, con la ayuda de técnicas incrementales o iterativas puede ampliarse a sistemas NO LINEALES (particularmente en lo que se refiere a deformaciones plásticas) utilizando aproximaciones denominadas "Método de deformación inicial" o el "Método de rigidez tangente."

El método aquí utilizado fue el de la deformación inicial, en el que la matriz de rigideces utilizada es idéntica a la que se usa en el caso elástico y el efecto de deformación plástica aparece como una modificación a la carga que se está aplicando. Es decir que consideramos las deformaciones totales compuesta por una parte elástica generada por las cargas externas y otra deformación plástica a la que le corresponde una carga virtual. De esta forma la ecuación original de equilibrio en los nudos de interconexión queda de la forma:

$$[K] \{r\} = \{R\} + \{P\} \quad \text{Ecuación 2}$$

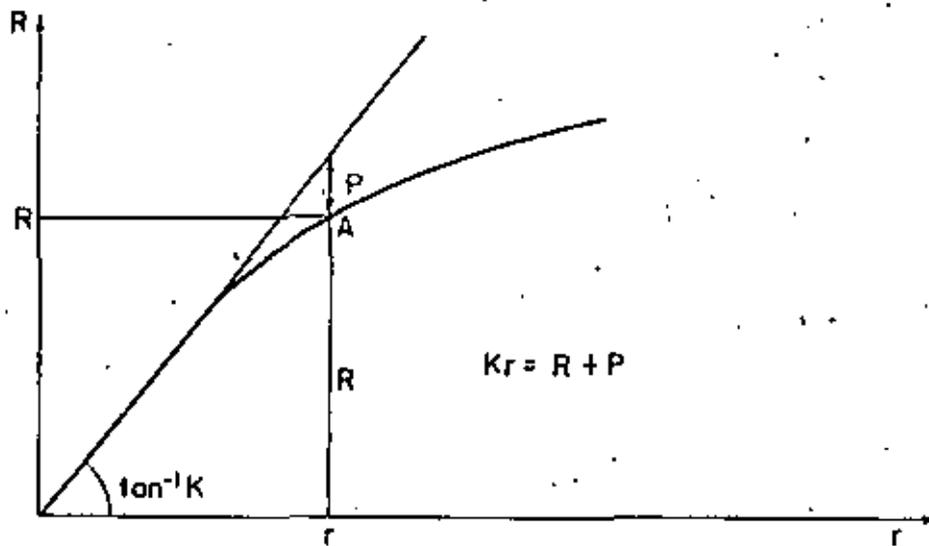


Fig.(a) METODO DE DEFORMACION INICIAL

En la fig. (a), se muestra esquemáticamente la ecuación anterior para un sistema con un grado de libertad, en la cual se indica la deformación plástica como una carga externa adicional.

De esta forma el problema quedará resuelto evaluando la deformación plástica, para lo cual se utiliza una solución de tipo incremental por medio del método de la rigidez tangente. Este método supone una ley constitutiva del material estableciéndose los coeficientes de la matriz de rigideces para cada incremento de la carga, los cuales cambian para tomar en cuenta la no-linealidad y característica de la curva de deformación plástica.

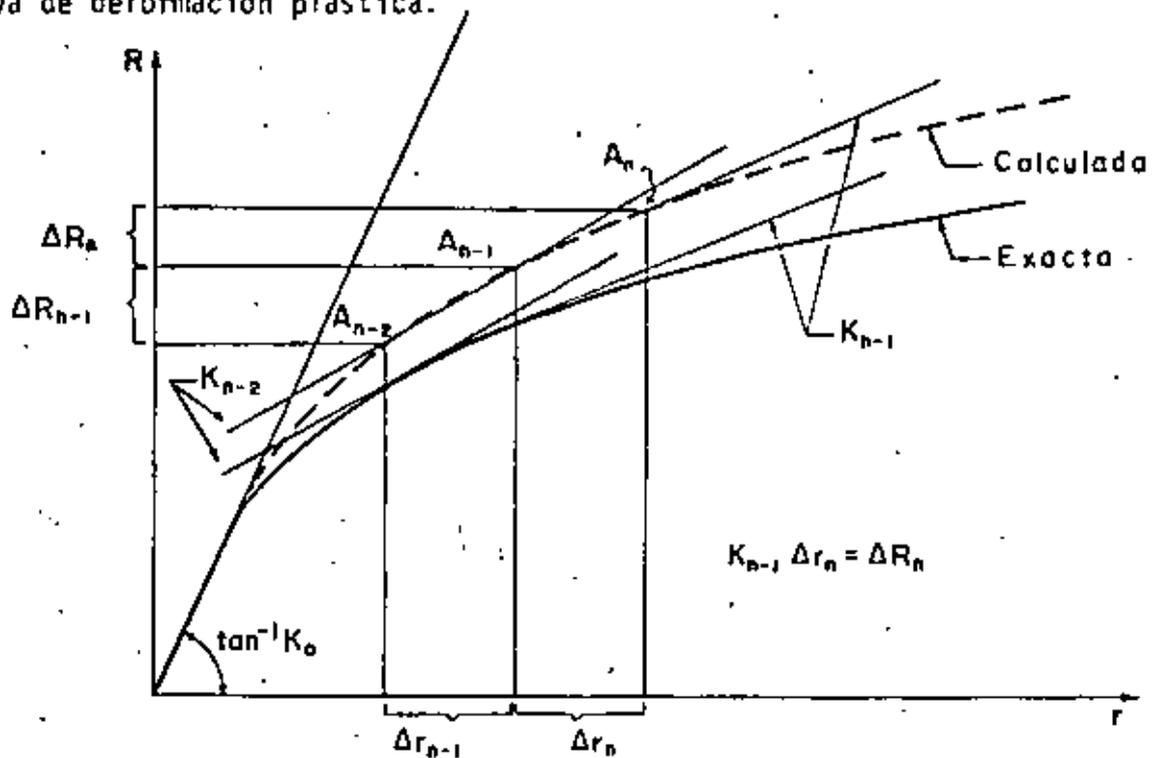


Fig. (b) METODO DE RIGIDEZ TANGENTE.

Este procedimiento se muestra esquemáticamente en la Fig. (b), en la cual, las rigideces (K) varían en cada etapa, sirviendo como referencia la tangente inicial K_0 y la curva de comportamiento elasto-plástico del material.

Básicamente lo que se representa en la Fig. No. 2 es la forma como se genera la no-linealidad del material a partir de las condiciones de la etapa anterior al incremento de carga considerado. Es importante hacer notar que en este procedimiento está implícito que en cada incremento de carga se considera que el material se comporta elásticamente con características invariables en esa etapa y, por lo tanto, todos los teoremas y procedimientos de análisis utilizados en el caso elástico son válidos para el caso inelástico dentro de cada incremento.

$$\{K\}_n \{\Delta r\}_n = \{\Delta R\}_n$$

en donde n denota el incremento correspondiente y siendo la matriz $\{K\}$ la relativa a la etapa considerada.

Como consecuencia de lo antes expuesto, la respuesta de la cortina de terraplen con material elastoplástico depende de la historia de las cargas aplicadas y de las características de la no-linealidad su-
 puesta, que define el comportamiento elastoplástico del material (es decir, la función de fluencia, la ley de flujo, la ley de endurecimiento, el módulo de elasticidad inicial y el coeficiente de Poisson).
 El análisis se efectúa por incrementos de cargas, calculándose el incremento de desplazamiento correspondiente obteniéndose con la suma parcial de éstos los desplazamientos totales de la estructura.

Para calcular los esfuerzos en función de los desplazamientos, en cada incremento de carga se establece una relación lineal entre ambos por medio de una matriz de coeficientes

$$\Delta \tau_{ij} = D_{ijkl} \Delta E_{kl}$$

Esta matriz D_{ijkl} es diferente para cada etapa de la solución, ya que es función de las características del material y del estado de esfuerzo-deformación al que está sometido en esa etapa.

Con un análisis de este tipo se pueden determinar las deformaciones de cada uno de los elementos para cada etapa de construcción, permitiendo conocer la variación de las deformaciones y de los esfuerzos que determinan el cambio de un estado elástico a uno plástico, en las distintas zonas de la cortina a través de su construcción.

Existen varios modelos para representar el comportamiento de los materiales elastoplásticos. El modelo matemático que se utilizó en el presente análisis con sus principales consideraciones se presenta posteriormente.

En la simulación del proceso de construcción se suponen siete etapas formadas por capas de regular espesor, las cuales quedan delimitadas por la conformación de la malla de elementos finitos. En realidad, los espesores de las capas de construcción son menores a los supuestos; sin embargo, la forma en que influye esta suposición es en la

exactitud de los resultados, siendo aceptable la que se obtiene para el caso que se trata.

En el método de solución se utiliza el elemento finito más simple, debido a las simplificaciones que se obtienen, pues el problema se complicará notablemente si entre las suposiciones se considera variable la rigidez de un mismo elemento.

El tiempo de ejecución del análisis sería considerable si no se contara con la ayuda de computadoras electrónicas, por lo que para el análisis se utilizó un programa elaborado por el Instituto de Ingeniería, UNAM (B). El listado del programa y los resultados obtenidos, así como un manual para su utilización se incluyen en el apéndice.

HIPOTESIS

Para el material de la cortina se supone una relación de esfuerzo-deformación tipo elastoplástica según el criterio de VON-MISES sin endurecimiento por deformación. Como consecuencia de este comportamiento NO - lineal, las ecuaciones de equilibrio se formulan en forma incremental, aproximando el problema No-lineal mediante una sucesión de problemas lineales.

Esto nos permite simular el comportamiento de la estructura durante el proceso de construcción ya que el estado final de esfuerzos en el terra

plen será consecuencia de su historia, es decir de la forma secuencial como fué alcanzado este estado final de esfuerzos.

Los elementos finitos interconectados en los puntos nodales permiten plantear las ecuaciones de equilibrio en términos de fuerza y desplazamientos en dichos puntos.

La matriz de rigideces se obtiene al formular el equilibrio de cada elemento, considerando que los puntos de frontera de la estructura deberán satisfacer las condiciones propias de esta frontera.

En síntesis las hipótesis involucradas en el método de análisis son:

- 1.- Se supone un campo de desplazamientos de variación lineal para cada elemento finito.
- 2.- El material elastoplástico considerado está sujeto a la condición inicial de fluencia sin endurecimiento de acuerdo con el criterio de VON-MISES.
- 3.- Las únicas fuerzas que actúan durante la construcción en la cortina son las producidas por el peso propio.
- 4.- La cortina de la presa se construye por capas, considerando las condiciones de esfuerzo en la última capa como esfuerzos iniciales para la siguiente. Al colocar cada una de las capas, las propiedades mecánicas de los materiales se calculan

en función de su estado de esfuerzos y varían al colocar la siguiente caja. Esto es equivalente a la aproximación del problema NO-Lineal mediante una sucesión de problemas lineales.

- 5.- El fondo del río es rígido.
- 6.- Una vez terminada la simulación del proceso de construcción se efectúa el llenado de la presa en 6 etapas sucesivas, que modificarán la respuesta de la cortina a sollicitaciones de carga vertical.

A P E N D I C E

MANUAL PARA EL USO DEL PROGRAMA
DE COMPUTADORA

A P E N D I C E

PROGRAMA DE COMPUTADORA

A Propósito

Determinar mediante un método de análisis incremental la respuesta de terraplenes durante el proceso de construcción.

B Entrada de Datos

1. Tarjeta título (12 A 6). Se perfora un encabezado de las columnas 1 a 72 para identificar la información del problema.

2. Tarjeta de control (3 I 5)

2.1 Datos del problema

Columnas	1 - 5	Nº de etapas de construcción
	6 - 10	Nº total de puntos
	10 - 15	Nº de tipos de material

2.2 Arreglo con el número de elementos (16 I 5) de cada etapa del proceso

2.3 Arreglo con los números a partir del cual en cada etapa los desplazamientos son prescritos (16 I 5). La numeración de los elementos debe ser progresiva a partir de la primera capa y así sucesivamente en todas las demás, de manera que cada número de los elementos de una etapa no sea menor que los de la etapa anterior

La numeración de los nudos debe hacerse en orden progresivo a partir del primer nudo prescrito de cada capa.

3. Tarjetas de puntos nodales (2 I 10.2)

Una tarjeta por cada punto, referidas a un sistema cartesiano. Se deberán colocar en orden creciente según la numeración de nudos y las unidades son metros.

Columnas	1 - 10	Abscisa
	11 - 20	Ordenada

4. Tarjetas de materiales (5 F 10.3)

Una tarjeta por cada tipo de material; deberán estar en orden.

Columnas	1 - 10	Módulo de Young, en ton/m^2
	11 - 20	Coefficiente de Poisson
	21 - 30	Peso volumétrico, en ton/m^3
	31 - 40	Cohesión
	41 - 50	Tanqente del ángulo de fricción interna

5. Tarjetas de elementos y tipo de material (4 i 5) se requiere una tarjeta por cada elemento; contiene información de los nudos que limitan a cada elemento, dados en el sentido contrario a las manecillas del reloj; finalmente, el número del material que le corresponde.

Columnas	1 - 5	Punto nodal	I
	6 - 10	Punto nodal	J
	11 - 15	Punto nodal	K
	16 - 20	Nº que identifica el tipo de material	

C Impresiones y Resultados

El programa imprime

- 1) Título del problema
- 2) Número de etapas de construcción
- 3) Número total de puntos nodales
- 4) Número de tipos de material
- 5) Arreglo del primer nudo prescrito en cada etapa
- 6) Para cada etapa de construcción

- a) Matriz nodal
- b) Ancho de semibanda
- c) Arreglo de elementos plastificados
- d) Vector de desplazamientos
- e) Arreglo de esfuerzos, $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$
- f) Esfuerzos y direcciones principales.

D Archivos

Utiliza un archivo de disco magnético según se especifica en el listado del Apéndice A.
 En este archivo se guarda la respuesta obtenida del análisis.

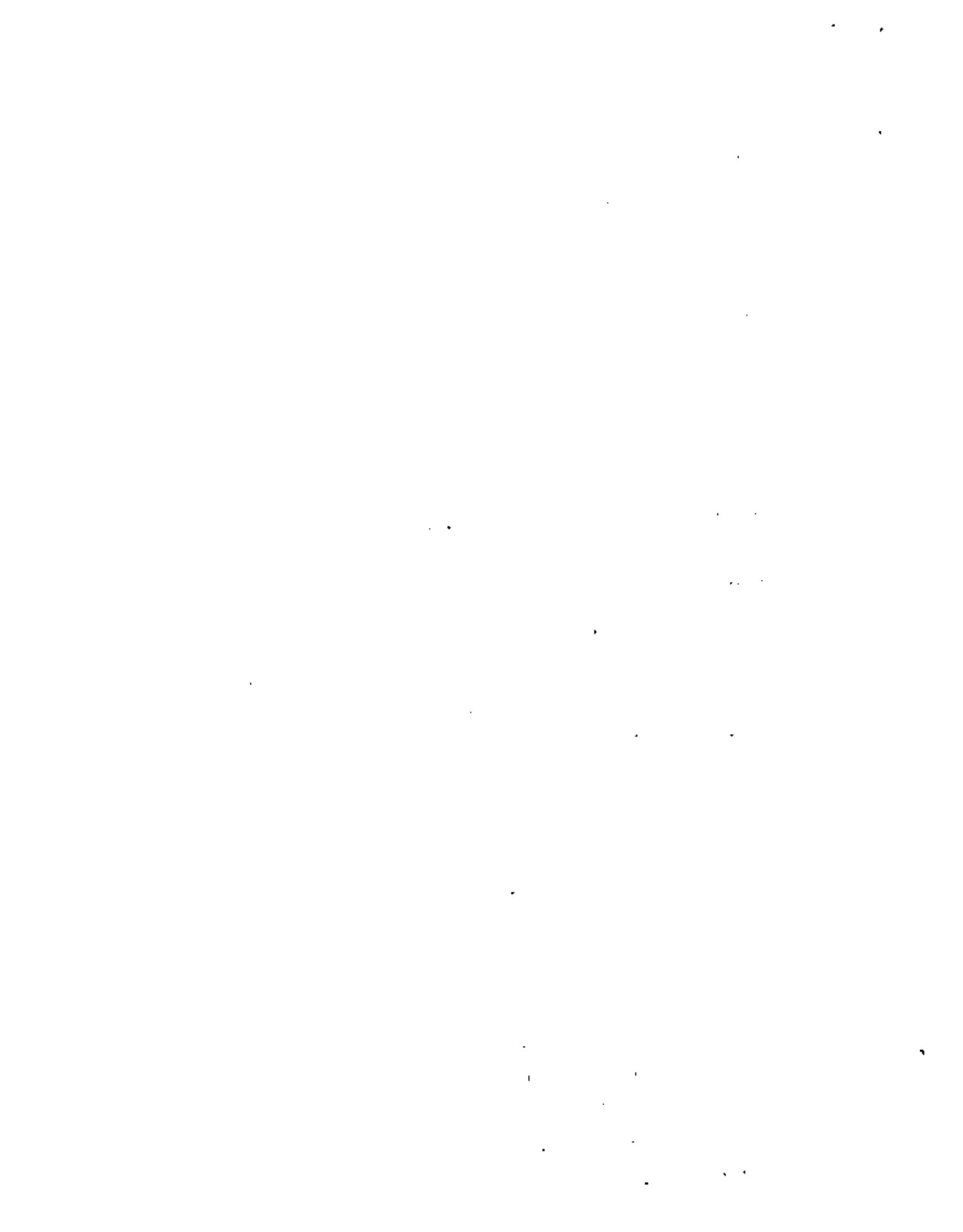
Limitaciones

La dimensión del arreglo A del programa principal dependerá de la capacidad de la máquina y para una estructura dada tendrá como mínimo el dado por la expresión de la primera tarjeta de comentario del programa principal (ver listado, Apéndice A)

NEL	Nº de elementos
NTP	Nº total de puntos
NF	Nº de grados de libertad
NB1	1er. nudo prescrito
NBAN	ancho de semibanda.

E Tiempo Estimado

El tiempo de máquina que se emplea depende del número de elementos en que ese discretiza el medio y del ancho de semibanda obtenido. El tiempo utilizado para una estructura discretizada en 54 elementos para 5 etapas de construcción, con un ancho de semibanda de 20 fue aproximadamente 18 seg.



DIRECTORIO DE ASISTENTES AL PRIMER CURSO DE CAPACITACION SOBRE
"PLANEACION, DISEÑO Y CONSTRUCCION DE PRESAS" (del 7 de noviem
bre de 1979 al 7 de marzo de 1980).

N O M B R E S

DOMICILIO DE LA EMPRESA

- | | |
|--|--|
| 1. ING. MAUREBERT ABURTO HERNANDEZ
AV. TAMAULIPAS No.56
COL. STA. LUCIA
MEXICO 19, D.F.
TEL: 577.42.66 | SUBJEFE DE OFICINA
OFNA. DE CONST. Y OPERACION HIDRAULICA
AV. REVOLUCION # 1747
COL. SAN ANGEL
MEXICO 20, D.F.
TEL: 548.27.33 y 548.25.23 |
| 2. ING. ARTURO AGUILAR SOLORIO
CHARTRES No. 165
FRACC. VILLA VERDUN
MEXICO 20, D.F. | INGENIERO DE PROYECTOS
S. A. R. H.
LAFRAGUA No.18 - 9º piso
MEXICO 1, D.F.
TEL: 592. 01. 33 y 546.73.14 |
| 3. ALVARO AGUILERA ROSADO
CAPRICORNIO No.39
COL. PRADO CHURUBUSCO
TEL: 679. 46.20 | REPRESENTANTE EN CONCURSOS (RETIRADO)
C. N. I. C.
COLIMA No. 254
MEXICO 7, D.F. |
| 4. ING. ANGEL AZCONA RUIZ
VALLE DEL COLORADO EDIF.77-A-302
UNIDAD VALLE DE ARAGON
EDO. DE MEXICO | JEFE DE SECCION
S.A.R.H.
REFORMA No.20-4º piso
MEXICO 1, D.F.
TEL: 546. 40.92 |
| 5. ING. ROGELIO BALLINAS GUTIERREZ
2a. OTE. NORTE No. 554-A
TUXTLA GUTIERREZ, CHIS.
TEL: 2. 63. 29. | ENCARGADO DE OBRA CIVIL DE APOYO
COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
PRESA MAL PASO Y CALLE TINGAMBATO S/N
COL. ELECTRICISTAS
TUXTLA GUTIERREZ, CHIS.
TEL: 2.47.95 y 2.47.68 |

- | | |
|--|---|
| 6. MARIA ASUNCION CARRANZA OLVERA
MEDICINA No. 65 - 9
COPILCO UNIVERSIDAD
MEXICO 20, D.F. | TECNICO ESPECIALIZADO EN PLANIFICACION
D.D.F.
PLAZA DE LA CONSTITUCION
MEXICO 1, D.F. (RETIRADA) |
| 7. HERMAN JOAQUIN CERVERA CASTRO
16 DE SEPTIEMBRE No.8
COL. TEPEXPAN
EDO. DE MEXICO
TEL: 556.49.55 | |
| 8. ING. FRANCISCO JOSE DEL RIO GARCIA
JAVIER SORONDO No. 293
COL. VILLA DE CORTES
MEXICO 13, D.F.
TEL: 579.48.84 | P R O Y E C T O S
COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
RODANO No. 14
MEXICO 5, D.F.
TEL: 553.71.33 |
| 9. ESPERANZA ALICIA DE LA TORRE DUEÑAS
GENARO CODINA No.615
ZACATECAS, ZACS.
TEL: 2. 13. 82 | |
| 10. ADAN FALCON HERRERA
MORELOS No. 26-3
PROGRESO SAN ANGEL
MEXICO 20, D.F.
TEL: 550.30.60 | |
| 11. MARCO ANTONIO GALLEG0 PERALTA
RIO LERMA No. 98 DEPTO. 20
HILLO, SON. | JEFE DE OPNA. DE PRESAS Y ALMACENAMIENTO
S. A. R. H.
JUAREZ Y YUCATAN
HILLO, SON. |
| 12. ELOY GARCIA IBARRA
MIER Y TERAN No. 404
OAXACA, OAX.
TEL: 6. 54. 06 | AUXILIAR DEL DEPARTAMENTO DE PROYECTOS
S. A. R. H.
GUERRERO No. 405
OAXACA, OAX.
TEL: 6.08.07 y 6.31.92 |

13. HERIBERTO GIRON ROSADO
REPUBLICA DE PARAGUAY No.57-6
MEXICO 1, D.F.
TEL: 529. 83. 87
- INSPECTOR DE FRENTE DE LAS OBRAS DEL METRO
DIRAC, S.A. (RETIRADO)
MA. DE LA LUZ BRINGAS No.28
MEXICO 12, D.F.
14. MANUEL GONZALEZ NUÑEZ
EULALIA PEÑALOZA No.102
TOLUCA, EDO. DE MEXICO
TEL: 4.76.59
- ENCARGADO DEL DEPTO. DE AGUAS SUPERFICIALES
CONJUNTO CODAGEM, METEPEC
TOLUCA, EDO. DE MEXICO
TEL: 6.09.99 ext. 182
15. ING. IGNACIO IBARRA CHACON
DALIA No. 15
XOCHIMILCO
MEXICO 23, D.F.
TEL: 676. 36. 18
- PROFESOR
S. E. P.
MEXICO 1, D.F.
16. JESUS ERNESTO INDA TOLEDO
CALLEJON DE LOS MANGOS S/N
ESCUINAPA, SIN.
- ENCARGADO DEL DEPTO. DE TOPOGRAFIA
ESC. DE ING., UNIV. AUT. DE SINALOA
ANDRADE Y NICARAGUA
CULIACAN, SIN"
17. ING. RUFINO JIMENEZ GUTIERREZ
MANZANA 1 - C - 11
UNIDAD HABITACIONAL CANDELARIA
MERCED, MEXICO 1, D.F.
TEL: 542. 34. 19
- PROYECTISTA
DEPTO. DE PROYECTOS
S. A. R. H.
REFORMA No. 20-4^a piso
MEXICO 1, D.F.
TEL: 546. 40. 92
18. ING. HUGO LOPEZ MONGE
XOCHICALCO No.707-2
COL. NARVARTE
MEXICO 13, D.F.
TEL: 559.83.19
- SUPERVISOR DE INSTRUMENTACION EN PRESAS
S. A. R. H.
SIERRA GORDA No. 23
MEXICO 10, D.F.
TEL: 520. 56. 87
19. OSCAR LOPEZ TAPIA
ROSAS MORENO No. 104
COL. SAN RAFAEL
MEXICO 4, D.F.
- AUX. DE LABORATORIO DE MATERIALES
PRESA DERIVADORA, S.A.R.H.
CULIACAN, SIN
TEL: 2. 75. 50

20. JOSE MARIN MURGUIA
EDIF. A-8 DEPTO. 404
TORRES DE MIXCOAC
MEXICO 19, D.F.
TEL: 593. 21. 17
- PROYECTISTA, DEPTO. DE PRESAS
S. A. R. H.
PLAZA DE LA REPUBLICA No. 31-6^a piso
MEXICO 1, D.F.
TEL: 546. 50.96
21. JAIME MENDOZA FIGUEROA
ALLENDE No. 114
COL. DEL CARMEN COYOACAN
MEXICO 21, D.F.
TEL: 554. 59.28
- AYUDANTE DE INVESTIGADOR
S. A. R. H.
SIERRA GORDA No. 23
MEXICO 10, D.F.
TEL: 520. 88. 28
22. RANULFO MORENO GONZALEZ
TURIN No. 136
FRACCIONAMIENTO VALLE DORADO
TEL: 3.79. 11. 49
- COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
OKLAHOMA No. 85-4^a piso
MEXICO 18, D.F.
TEL: 543. 41. 87
23. ING. FRANCISCO JAVIER NIETO SOTO
CASUARINA No. 4
COL. LA CAPILLA
QUERETARO, QRO.
- SUBJEFE DEL DEPTO. DE PROYECTOS
SUBDIRECCION REGIONAL CENTRO, S.A.R.H.
CONSTITUYENTES OTE No. 31
QUERETARO, QRO.
TEL: 2. 58. 30
24. POLICARPO RANGEL RODRIGUEZ
AV. DE LAS GRANJAS No. 215-D-304
COL. JARDIN AZPEITIA
MEXICO 16, D.F.
TEL: 553. 49. 55 y 70136 (Edo. de Méx.)
25. ING. ANTONIO RIQUELME MORALES
1er. RETORNO DE COCOTEROS No.7-A
VALLE DE SAN MATEO
NAUCALPAN, EDO. DE MEXICO
TEL: 560. 41. 89
- COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
OKLAHOMA No. 85-5^a piso
MEXICO 18, D.F.
TEL: 543. 59. 36
26. JESUS SALVADOR RODRIGUEZ DIAZ
DOMICILIO CONOCIDO
TRONCOSO, ZACS.
TEL: 13

27. CARLOS RAUL ROJAS SEDAS
EDIF. TAMAULIPAS ENT.C No.1130
TLATELOLCO
MEXICO 3, D.F.
TEL: 583. 59. 57
- RESIDENTE DE OBRAS
INST. DE PENSIONES DEL EDO. DE VERACRUZ
DIAZ MIRON ESQ. ALTAMIRANO
VERACRUZ, VER.
TEL: 2.66.06
28. ING. CARLOS RUIZ QUINTANA
EDIF. C-2 DEPTO. 304
CENTRO URBANO PTE. JUAREZ
COL. ROMA
MEXICO 7, D.F.
TEL: 564.86.23
- RESIDENTE
CONSTRUCTORA COATL, S.A.
RAUL SANDOVAL No.33
CIRCUITO INGENIEROS
CD. SATELITE, EDO. DE MEXICO
TEL: 393.22.38
29. ING. MARCOS SALAZAR MORENO
GONZALO DE BADAJOZ No.235
COL. HIMNO NACIONAL
SAN LUIS POTOSI, S.L.P.
TEL: 4.29.19
- SUBJEFE DEL DEPTO. DE PROYECTOS
S.A.R.H.
MARIANO OTERO No.600-A
COL. TEQUIS
SAN LUIS POTOSI, S.L.P.
TEL: 3.62.92
30. CARLOS SANDOVAL RODRIGUEZ
REFORMA NORTE 630 No.903
TLATELOLCO
MEXICO 3, D.F.
31. ING. GILDARDO TIPACAMU MADRIGAL
UNICORNIO No.147
COL. PRADO CHURUBUSCO
MEXICO 13, D.F.
- COMISION FEDERAL DE ELECTRICIDAD
OKLAHOMA No. 85-5º piso
MEXICO 18, D.F.
TEL: 543. 41. 87
32. PEDRO EDUARDO TORRES TOLEDO
CALLE 47 UNIDAD STA. CRUZ MEYEHUALCO
MEXICO 13, D.F.
TEL: 691.18.42
33. CARLOS VALENCIA CARMONA
GIOTTO No. 66 DEPTO. 201
COL. MIXCOAC
MEXICO 19, D.F.
TEL: 598.50.67
- JEFE DE SECCION DE DOCUMENTACION
DIR. GRAL. DE OBRAS PUBLICAS, S.A.R.H.
PLAZA DE LA CONSTITUCION
MEXICO 1, D.F.
TEL: 522.59.07
34. FEDERICO VILLEGAS SARMIENTO
LAGO XOCHIMILCO No.187
COL. ANAHUAC
MEXICO 17, D.F.
TEL: 250.40.71
- PROYECTISTA
S.A.R.H.
REFORMA No. 45 - 9º piso
MEXICO 1, D.F.

