

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE BAJA CALIFORNIA.

ESCUELA DE INGENIERIA.

INGENIERIA CIVIL.

UNIDAD ENSENADA.

CALCULO Y DISEÑO DE OBRAS HIDRAULICAS

ASISTIDO POR COMPUTADORA.

TESIS QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

INGENIERO CIVIL

PRESENTA

JUAN MANUEL JAURENA VARGAS.

Ensenada, Baja California. Febrero de 1999.

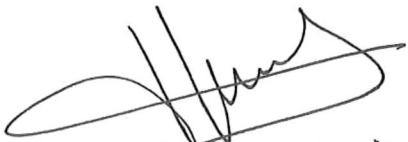
ASUNTO: Emisión de voto aprobatorio
trabajo de tesis profesional.

SUBDIRECTOR ACADEMICO DE LA ESCUELA DE
INGENIERIA ENSENADA - U.A.B.C.
P R E S E N T E .

Después de haber efectuado una revisión minuciosa sobre el trabajo de tesis presentado por el C. **Juan Manuel Jaurena Vargas**, para poder presentar su examen profesional y obtener el título de Ingeniero, me permito comunicarle que he dado mi voto **aprobatorio** sobre su trabajo titulado **Cálculo y diseño de obras hidráulicas asistido por computadora**.

Esperando reciba de conformidad, quedo de Usted, muy atentamente.

Ensenada, B.C. a 18 de Febrero de 1999.



Ing. Joel Hernández Blanket
Director de Tesis.



Ing. Victor Rafael Velazquez M.
Sinodal propietario.



Ing. José Gustavo Morales N.
Sinodal propietario.



Ing. Manuel Othón Figueroa
Sinodal propietario.



Ing. Pablo Andrés Rosseau F.
Sinodal propietario.

GRACIAS A TODOS.

INDICE.

INDICE.

INTRODUCCION.	1
MARCO TEORICO. METODOLOGIA DE CALCULO.	3
CAPITULO I.	
PRESA DE GRAVEDAD.	4
- Presión de azolve.	4
- Presión producida por el hielo.	5
- Efectos sísmicos.	6
- Reacción del cimientto.	6
- Presión hidrostática.	7
- Subpresión.	8
- Requisitos de estabilidad.	8
- Volteo.	8
- Deslizamiento.	9
- Esfuerzos en el concreto.	9
- Diseño de una presa de gravedad de concreto.	10
CAPITULO II.	
VERTEDOR DE DEMASIAS.	24
- Carga hidráulica.	25
- Calculo hidráulico del canal colector.	26
- Perfil del vertedor y su disposición en planta.	30
- Revestimiento del canal colector.	32
- Sección de control.	33
- Canal de descarga.	35
- Tanque amortiguador.	36
CAPITULO III.	
OBRA DE TOMA.	39
CODIGO DEL PROGRAMA.	46
CONCLUSIONES.	62
BIBLIOGRAFIA.	66

INTRODUCCION.

INTRODUCCION.

La hidráulica constituye una de las ramas principales de la Ingeniería Civil, es por ello que el cálculo y diseño de obras hidráulicas es una actividad de primer orden en el dominio de la carrera.

El cálculo y diseño de obras hidráulicas se fundamenta en principios básicos de ingeniería, no obstante, la realización de dichos cálculos suele ser un trabajo tedioso que implica la repetición de secuelas de cálculo y diversas fases de “prueba y error” hasta llegar a obtener los datos definitivos de diseño.

Precisamente por su naturaleza iterativa, varios problemas de cálculo hidráulico y diseño de obras hidráulicas se prestan a ser resueltos por métodos numéricos, que programados en una computadora pueden realizar el trabajo rápidamente.

ANTECEDENTES.

En el programa de estudios de la materia de obras hidráulicas se contempla el proyecto de un conjunto de obras hidráulicas que consta de una presa de almacenamiento, el vertedor de demasías y la obra de toma correspondiente.

Existen programas y paquetes de software que ayudan a resolver diversos problemas de ingeniería. Sin embargo, a la fecha, en la Facultad de Ingeniería de Ensenada no se cuenta con un paquete de programas de computadora que resuelva problemas de este tipo.

OBJETIVO.

El objetivo de este proyecto es presentar un paquete de programas para computadora que efectúa las siguientes tareas:

- a).- Cálculo estructural de una presa de gravedad de concreto simple.
- b).- Cálculo hidráulico de un vertedor de demasías del tipo con canal lateral.
- c).- Cálculo de obra de toma a presión.

Con lo cual se elabora el proyecto de el conjunto operacional de una presa de almacenamiento.

Este material no se limita a servir de apoyo didáctico en la impartición de la materia de obras hidráulicas, es un valioso auxiliar en la elaboración de proyectos y anteproyectos reales. Los métodos de análisis y cálculo empleados en este paquete de programas son los mismos métodos empleados en obras hidráulicas que están funcionando en la actualidad.

Presento este trabajo, con la esperanza de que sea de alguna utilidad a los estudiantes, ingenieros o cualquier otro estudioso interesado en la materia.

**MARCO TEORICO.
METODOLOGIA DE CALCULO.**

CAPITULO I.

PRESA DE GRAVEDAD.

Las presas de concreto del tipo de gravedad son estructuras de dimensiones tales, que por su propio peso resisten las fuerzas que actúan en ellas. Construidas sobre una buena cimentación, las presas sólidas de concreto son estructuras permanentes que requieren poca conservación.

Para el proyecto de presas de gravedad, es necesario determinar las fuerzas que afectan la estabilidad de la estructura. Las fuerzas que intervienen son:

- 1.- La presión del agua.
 - Externa (presión hidrostática).
 - Interna (subpresión).
- 2.- El peso de la estructura.
- 3.- La reacción resultante de la cimentación.
- 4.- Las fuerzas ocasionadas por sismos.
 - Externas (en el agua del vaso).
 - Internas (debido al peso propio de la cortina).
- 5.- La presión de azolves.
- 6.- La presión del hielo.

PRESION DEL AZOLVE.

Casi todas las corrientes llevan una cantidad apreciable de limo consigo. Cuando en una corriente que lleva limos se construye una presa, eventualmente entrarán en el vaso y se sedimentarán en el agua tranquila. Al acumularse contra el paramento mojado, el limo ejerce cargas mayores que la presión hidrostática. Es convención considerar que la presión que ejerce el limo en sentido horizontal es igual a la que ejercería un líquido que pese 1,360 kg./m³., y en sentido vertical 1,900 kg./m³.

Es común proyectar presas de gravedad sin tomar en cuenta la carga de los azolves. En las presas de almacenamiento, la carga de limo constituye un factor muy pequeño del cual se puede prescindir. La carga de azolves puede tener importancia en presas derivadoras o presas que han sido diseñadas precisamente para la retención de azolves.

Existen algunas razones por las cuales se suele despreciar la carga de azolve:

Inicialmente no existe la carga de azolve y solo con el tiempo puede ser un factor de importancia, sin embargo, con el tiempo se va consolidando, de tal modo que deja de actuar como un líquido. Además, el limo consolidado constituye una capa algo impermeable, lo cual ayuda a disminuir la subpresión en la base de la presa.

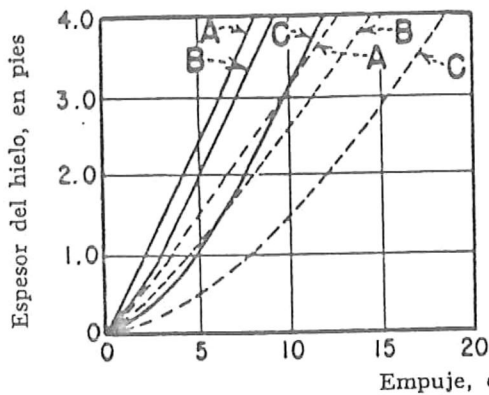
PRESION PRODUCIDA POR EL HIELO.

La presión del hielo se origina por la dilatación térmica de la lámina de hielo y por el arrastre del viento.

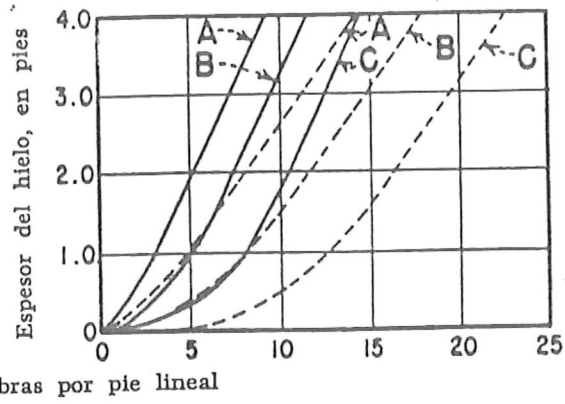
Es difícil determinar los valores que se deben asignar a la carga del hielo en el proyecto de una presa, ya que solo se cuentan con valores aproximados de las características físicas del hielo, además de que el esfuerzo que ejerce el hielo al dilatarse depende de variables como el espesor de la lámina de hielo, rapidez de la elevación de la temperatura del hielo, cambios en el nivel del agua, forma de las playas del vaso, pendiente o talud del paramento mojado, arrastre del viento y otros factores. Existen algunos métodos para calcular la presión ejercida por capa de hielo; el más práctico es el método de Rose, quien recolectó los datos sobre presiones del hielo y los presentó en forma gráfica. Sus gráficas dan el empuje en miles de libras para espesores hasta de 4 pies de capa de hielo tomando en cuenta elevaciones de la temperatura del aire de 5, 10 y 15 grados Fahrenheit (curvas A, B y C). En las gráficas se considera también el efecto de la energía solar y los efectos del confinamiento lateral de la lámina de hielo, el cual depende del tipo de las playas del vaso y el talud en el paramento mojado de la cortina.

EXPLICACION

----- Sin confinamiento lateral
—— Confinamiento lateral completo ($u = 0.365$)



(A) DESPRECIANDO LA ENERGIA SOLAR



(B) TOMANDO EN CUENTA LA ENERGIA SOLAR

Por no existir en el país zonas de frío extremo no se considera la presión producida por hielo en el proyecto de una presa.

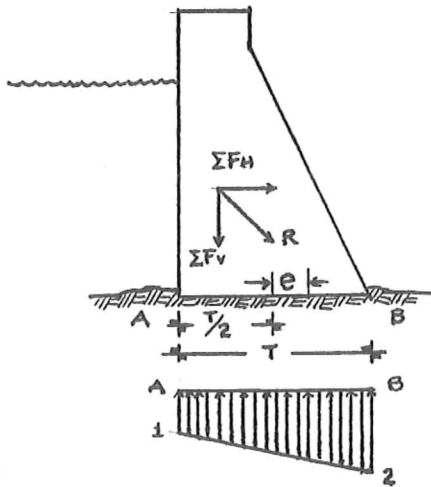
EFFECTOS SISMICOS.

Los sismos confieren aceleración al agua, aumentando la carga de presión que ejerce el agua sobre la cortina. Así mismo, los sismos confieren aceleración a la presa misma.

En el análisis se deben considerar cargas sísmicas tanto horizontales y verticales actuando en el sentido menos favorable para la estabilidad de la estructura, siendo el caso menos favorable cuando el vaso de la presa está lleno y la dirección del sismo es perpendicular a la cortina y en sentido aguas abajo, ya que se produce un aumento en la carga hidráulica y un momento de volteo debido a la inercia de la cortina de concreto. El segundo caso desfavorable es el de carga sísmica vertical, al ir el temblor hacia arriba, disminuye el efecto del peso propio de la cortina y el del agua arriba del paramento inclinado, lo cual reduce la estabilidad de la estructura.

REACCION DEL CIMIENTO.

En condiciones de estabilidad, la resultante de las cargas verticales y horizontales sobre la presa estará equilibrada por una fuerza igual y opuesta que constituye la reacción de la cimentación. La reacción vertical de la cimentación está representada por el trapecoide



Los esfuerzos A1 y B2 se determinan usando las fórmulas para cargas excéntricas:

$$A1 = \frac{\Sigma W}{T} \left(1 - \frac{6e}{T} \right) \qquad B1 = \frac{\Sigma W}{T} \left(1 + \frac{6e}{T} \right)$$

El terreno deberá tener capacidad de carga mayor a la solicitada.

PRESION HIDROSTATICA.

La presión hidrostática o empuje que el agua ejerce contra la pared vertical de la cortina está dada por la fórmula: $E = \gamma \times h \times A$. Donde E es el empuje hidrostático, γ el peso volumétrico del agua, h la altura de la columna de agua y A el área de contacto. Esta relación da como resultado un sencillo diagrama de distribución de fuerzas de forma triangular.

En el análisis de los efectos de la presión hidrostática sobre las caras de paramento con talud se consideran las dos componentes de la resultante de la fuerza de presión. La componente horizontal actúa perpendicular a la proyección vertical del talud del paramento, y a su vez, la componente vertical actúa perpendicular a la proyección horizontal del talud. La resultante de la fuerza de presión del agua actúa en el centro de presiones de la sección con talud.

SUBPRESION.

Las fuerzas de subpresión se presentan como presiones internas en los poros, grietas y hendiduras tanto de la presa como de su cimiento. Estos espacios de la presa y de la cimentación estarán llenos de agua, la cual ejerce presiones en todas direcciones. Esta presión tiene efectos importantes en la estabilidad de la presa y debe incluirse en el análisis. Se supone que las fuerzas de subpresión no se ven afectadas por terremotos.

Se supone que las presiones son efectivas sobre toda la base de la sección. Bajo el efecto de una carga hidráulica sostenida, la magnitud de la subpresión en el paramento aguas arriba es igual a la presión total del vaso y varía en línea recta desde este punto hasta la presión del agua de descarga, o cero, en el paramento aguas abajo.

Los efectos de la subpresión pueden reducirse construyendo drenes (y una galería filtrante) a través del concreto de la presa y perforando agujeros de drenaje en la roca de cimentación. Estos drenes se colocan generalmente cerca del paramento mojado. Medidas reales de la subpresión tomadas bajo cortinas de presas en los Estados Unidos han demostrado que los drenes son muy efectivos.

Otros métodos que se usan para reducir la subpresión en el contacto de la presa con la cimentación incluyen la construcción de dentellones debajo del paramento mojado, la construcción de canales o tubos de drenaje entre la presa y la cimentación y la inyección de concreto a presión en la cimentación. Estos métodos son usados como medidas adicionales de seguridad en la construcción de ciertas presas, mas no toman parte en el análisis estructural y no reducen los requisitos de proyecto.

VALORES PARA EL COEFICIENTE "C" DE SUBPRESION.

C = 0.25 Buen concreto sobre buen concreto.
Buen concreto sobre roca sana.

C = 0.40 Concreto de mediana calidad sobre el mismo concreto.

C = 0.50 Concreto de mediana calidad sobre roca medianamente porosa.

C = 0.70 Mampostería sobre mampostería o roca.

C = 1.00 Concreto sobre cimentación muy porosa.

PESO PROPIO DE LA ESTRUCTURA.

El peso de la estructura incluye el peso del concreto mas el de accesorios como compuertas y puentes. En la mayor parte de las presas solamente la carga debida al peso del concreto es la que se usa en el análisis. El peso volumétrico del concreto es usualmente de 2,200 Kg/m³. El peso total actúa verticalmente en el centro de gravedad de la sección transversal de la cortina.

REQUISITOS DE ESTABILIDAD.

Las presas de concreto de gravedad deben resistir con un amplio factor de seguridad el volteo de la cortina, el deslizamiento de ésta, y no sobrepasar los esfuerzos permisibles del concreto.

VOLTEO.

En el análisis de presas de gravedad la tendencia es la de sufrir volteo produciéndose un giro alrededor del talón (extremo inferior del paramento seco) de la cortina. La presión hidrostática, la subpresión, el incremento de presión del agua por efecto sísmico y la fuerza de inercia por la aceleración sísmica de la cortina ocasionan momentos que tienden a volcar la presa haciendo girar la sección en el talón de la cortina. A su vez, el peso de la estructura y el peso del agua sobre la cara horizontal del paramento mojado generan momentos en sentido contrario a los momentos de volteo. Se considera que una presa es segura contra el volteo con un coeficiente de seguridad mayor de 1.45, es decir, que el momento estabilizante total sea por lo menos 1.45 veces mayor que el momento de volteo total.

DESLIZAMIENTO.

La presión hidrostática y los efectos por aceleración sísmica producen fuerzas horizontales que en conjunto tienden a desplazar la presa en dirección horizontal, a esta tendencia se le llama deslizamiento.

Esta tendencia es contrarestanda por la fuerza de fricción en la base de la presa y por la resistencia del concreto al esfuerzo cortante. El factor de seguridad al deslizamiento mínimo permisible es el coeficiente de fricción estática entre las dos superficies de deslizamiento, reducido por un factor de seguridad.

Como guía general pueden utilizarse los siguientes factores que cuentan ya con un amplio margen de seguridad al deslizamiento del concreto sobre varios materiales de cimentación:

Material:	f:
Roca sana con superficie limpia y regular.	0.80
Roca con algunas fisuras y laminaciones.	0.70
Grava y arena gruesa.	0.40
Arena	0.30
Arcilla laminar.	0.30

Pueden construirse dentellones en estructuras sobre cimentaciones que no son de roca. El dentellón hecho de concreto, bien reforzado y bien dimensionado, evita el deslizamiento de la presa debido a su resistencia al esfuerzo cortante, así como por el volúmen adicional de tierra que tendría que desplazarse para que ocurriera el deslizamiento. Para el proyecto del dentellón, se considera éste como una viga cargada con una fuerza igual a la diferencia en exceso entre la fuerza de deslizamiento y la fuerza resistente.

ESFUERZOS EN EL CONCRETO.

Debido a las fuerzas horizontales y verticales y los distintos sentidos en que estas últimas actúan, el concreto de la cortina es sometido a esfuerzo cortante, compresión en la base (mayor en talón que en el pie), y en algunos casos tensión (en la zona cercana al pie de la cortina). Dichos esfuerzos deben mantenerse dentro de los límites permisibles para el concreto.

Debe también estudiarse la cimentación y determinarse el máximo esfuerzo permisible, antes de realizar el proyecto final.

DISEÑO DE UNA PRESA DE GRAVEDAD DE CONCRETO.

A continuación se presenta la metodología simplificada para el diseño de una presa de gravedad de concreto, haciendo el análisis de una sección transversal a una profundidad dada.

Para ilustrar el método se considerará una presa de cortina no vertedora, para control de avenidas y almacenamiento de agua, por lo cual se hará referencia al paramento aguas abajo como “paramento seco” (Las filtraciones son nulas). De igual manera, se llamará al paramento aguas arriba “paramento mojado”.

Supondremos que el material de cimentación es roca sana y que tiene capacidad de carga superior a las solicitaciones de la presa que se proyectará.

Para el diseño estructural consideraremos que la presa está sometida a las condiciones menos favorables para su estabilidad, éstas son:

- Vaso lleno hasta la corona. (Agua a punto de desbordarse).
- Efectos de Subpresión.
- Movimiento sísmico en dirección perpendicular al eje de la cortina y en sentido aguas abajo.

No consideraremos en este caso la presión de azolves ni la presión de hielo.

Solo se considera para análisis el peso propio de la cortina de concreto y no el peso de accesorios, compuertas u otras estructuras encima de la corona.

El estudio comienza en la parte mas alta de la presa. Primero se hace el análisis a un metro de profundidad, es decir, se considera una “presa” de un metro de altura, ancho igual al ancho de corona de la presa completa, y un largo unitario de 1 metro. Se considera que esta sección está apoyada directamente en la cimentación, aunque en realidad en el proyecto final se encontrará en la parte más alta de la cortina. Como en el primer tramo o sección solo se considera un metro de profundidad, por lo tanto, la sección estará sometida al empuje de una columna de agua de 1 m. de altura, a la subpresión producida por esa columna y a los efectos sísmicos sobre la columna de agua y sobre el peso propio de la cortina. Después de hacer el análisis y demostrar que la sección es estable, se procede a analizar una sección de 2 metros de altura, después una de 3 m. y así sucesivamente hasta llegar a una última sección cuya altura corresponde a la altura total.

Después de cierta altura (o profundidad), las fuerzas de presión y las fuerzas sísmicas tienden a voltear la estructura y sobrepasar los esfuerzos que puede resistir el concreto, por lo que una sección de paredes rectas ya no es segura. En éste caso, lo que se hace es cambiar las dimensiones (dar pendiente a las paredes) únicamente de la sección del metro de profundidad en el cual falló las pruebas de estabilidad y esfuerzos, manteniéndose igual las secciones anteriormente calculadas y aprobadas. Primero se da pendiente al paramento seco en incrementos de 0.10 m. (0.1 : 1), hasta que la sección resulta segura. Consideraremos como máxima pendiente permisible 0.75 : 1 en el paramento seco. Una vez que con talud 0.75 : 1 en el paramento seco la sección no pasa las pruebas, entonces se da pendiente al paramento mojado en incrementos también de 0.10 m. hasta que se logra cumplir con los requisitos de seguridad.

NOTA: El análisis no necesariamente debe hacerse metro a metro, ni los incrementos en pendiente tienen que ser de 10%. Pueden analizarse secciones más chicas o más grandes e incrementos de pendiente menores o mayores, dependiendo de la precisión que se desee.

La altura de la presa que estudiaremos será de 25 metros.

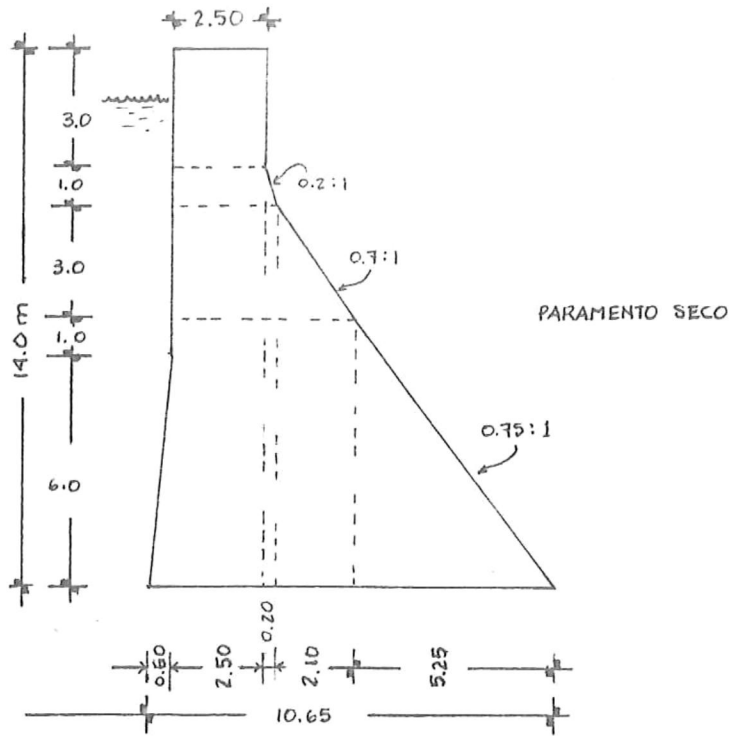
Como el análisis empieza en la parte más alta, lo primero que debe conocerse es el ancho de la corona (C). Para calcularlo se utilizan las siguientes fórmulas:

$$\begin{aligned} C &= 0.5\sqrt{H} && \text{para } H > 15.00 \text{ m.} \\ C &= 0.15 H && \text{para } H \leq 15.00 \text{ m.} \\ H &= \text{altura total de la cortina.} \end{aligned}$$

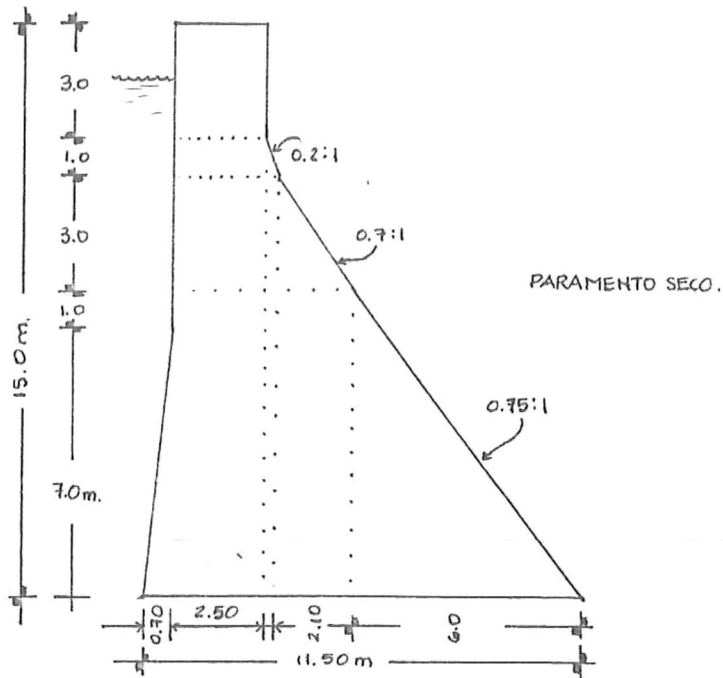
Para este caso $C = 0.5\sqrt{25} = 2.50\text{m}$.

Como ejemplo didáctico, estudiemos la sección a los 15 metros de profundidad. El método de análisis es el mismo para todas la secciones.

De análisis previos la sección aprobada a los 14 metros es la siguiente: (Esta sección es la “suma” o superposición de 14 secciones aprobadas).

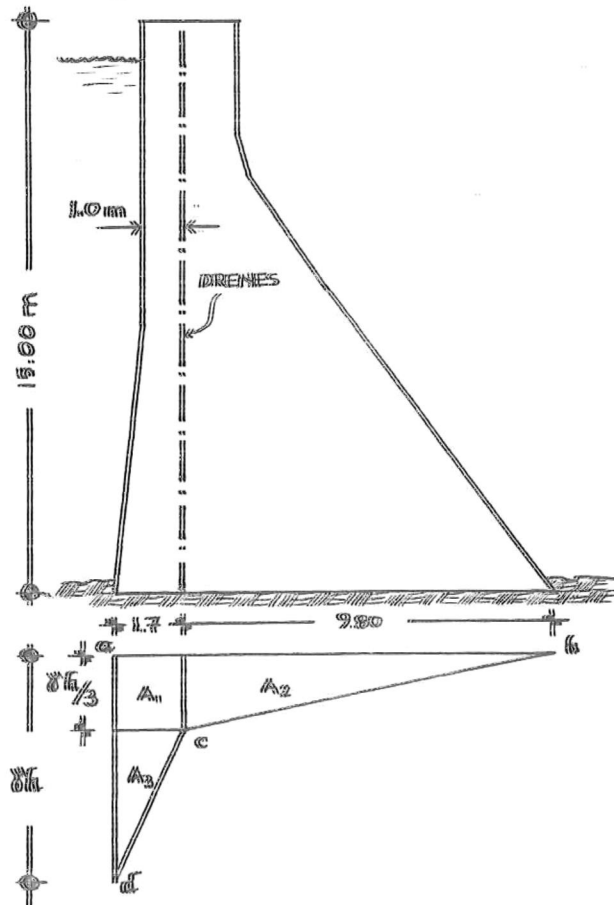


Lo primero que se hace es proponer una sección a los 15 metros, y lo más indicado es empezar con una sección con taludes iguales a los de la última sección aprobada, y en caso de que no pase las pruebas, entonces sí proponer secciones con incrementos de pendiente. Entonces la sección propuesta a los 15 metros tendrá esta forma y dimensiones:



SUBPRESION.

Supondremos que el coeficiente de subpresión vale 1. Consideraremos que la presa tiene drenes colocados a 1 metro de distancia del paramento mojado. Esto es una práctica común para abatir los efectos de la subpresión. La figura a-b-c-d representa la distribución de subpresiones considerando el efecto de los drenes a lo largo de la base de la sección. El área de la figura corresponde a la subpresión total.



Debemos calcular la fuerza resultante de subpresión, así como su punto de aplicación, para conocer los efectos en la cortina.

- La columna de subpresión en el talón corresponde a la altura de la columna de agua que contiene la sección.
- La columna de subpresión se ve reducida por efecto de los drenes a solo $1/3$.
- En el pie de la sección la subpresión vale cero pues consideramos que no hay subpresión (por que no hay filtraciones aguas abajo de la cortina).

De tal modo: $P1 = \gamma h = (1.0 \text{ ton./m.}^3)(15 \text{ m.}) = 15 \text{ ton./m.}^2$
 $P2 = 0.333 \gamma h = 0.333(1.0 \text{ ton./m.}^3)(15 \text{ m.}) = 5 \text{ ton./m.}^2$

Cálculo de la fuerza de subpresión.

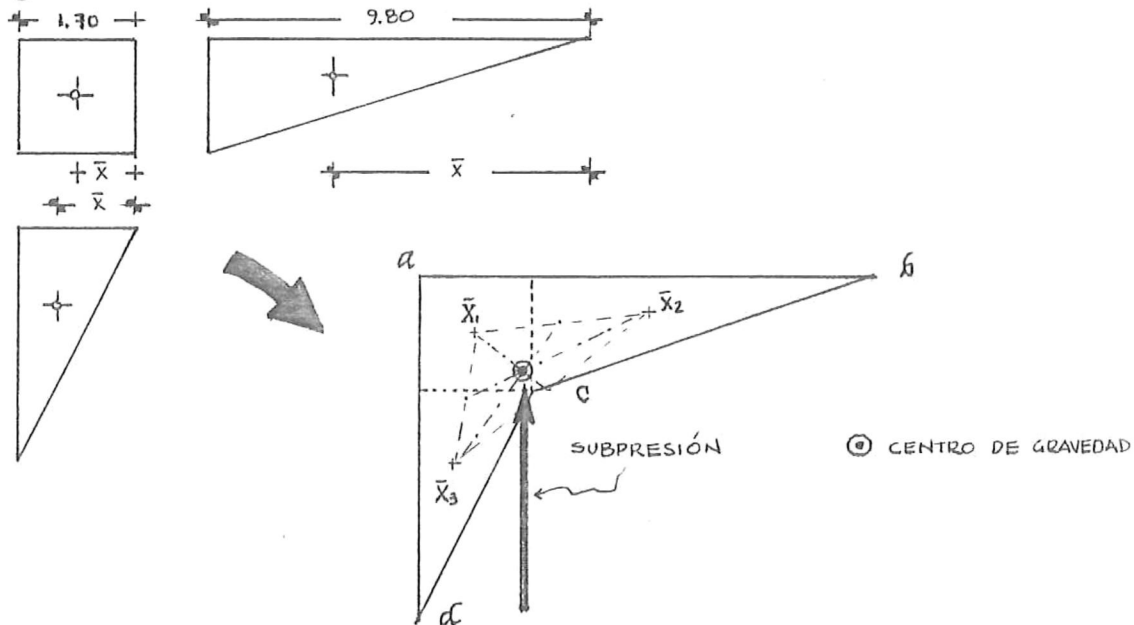
$A1 = 1.70 \text{ m.}(5 \text{ ton./m.}^2) = 8.50 \text{ ton./m.}$
 $A2 = 9.80 \text{ m.}(5 \text{ ton./m.}^2)(0.50) = 24.50 \text{ ton./m.}$
 $A3 = 1.70 \text{ m.}(10 \text{ ton./m.}^2)(0.50) = 8.50 \text{ ton./m.}$
 $\Sigma A_i = 41.50 \text{ ton./m.}$

Considerando una franja de 1 metro de largo de cortina:

Fuerza de subpresión = - 41.50 ton.

La fuerza de subpresión actúa verticalmente y tiende a levantar la sección, por esto la consideramos con signo negativo.

El punto de aplicación de la resultante de la fuerza de subpresión es el centro de gravedad de la figura a-b-c-d.



$\bar{X}_1 = (0.50)(1.70 \text{ m.}) + 9.80 \text{ m.} = 10.65 \text{ m.}$

$\bar{X}_2 = (0.666)(9.80 \text{ m.}) = 6.53 \text{ m.}$

$\bar{X}_3 = (0.666)(1.70 \text{ m.}) + 9.80 \text{ m.} = 10.93 \text{ m.}$

$$A1X1 = (8.50 \text{ m.}^2)(10.65 \text{ m.}) = 90.525 \text{ m.}^3$$

$$A2X2 = (24.50 \text{ m.}^2)(6.53 \text{ m.}) = 159.985 \text{ m.}^3$$

$$A3X3 = (8.50 \text{ m.}^2)(10.93 \text{ m.}) = 92.905 \text{ m.}^3$$

$$\Sigma AiXi = 343.415 \text{ m.}^3$$

$$X = \frac{\Sigma AiXi}{\Sigma Ai} = \frac{343.15 \text{ m.}^3}{41.50 \text{ m.}^2} = 8.275 \text{ m.}$$

Momento con respecto al talón, debido a la subpresión.

$$MoSubp = 41.50 \text{ ton.}(8.275 \text{ m.}) = - 343.415 \text{ ton.m.}$$

Este momento produce un giro en el talón que tiende a voltear la cortina. Por convención consideraremos como negativos los momentos que tiendan a voltear la cortina, y positivos los que dan estabilidad a ésta.

Todos los momentos serán calculados con respecto al talón de la cortina, ya que en las condiciones mas desfavorables se presenta un giro de volteo ahí.

EMPUJE HIDROSTATICO.

A los 15 m. de profundidad el paramento mojado tiene 8 m. de pared vertical y 7 m. de talud 0.1:1.

La presión hidrostática en la pared vertical a una profundidad h está dada por la relación $p = \gamma h$. Con ésta relación se obtiene una distribución triangular de presiones. El empuje en una franja de un metro de largo será $E = \gamma h A = \gamma h^2 / 2$ y el punto de acción de esta fuerza de empuje se localizará a $1/3$ de la altura h.

$$E = (1 \text{ ton./m.}^3)(8 \text{ m.})(8 \text{ m.})(1 \text{ m.})(0.50) = 32 \text{ ton.}$$

Momento debido a este empuje.

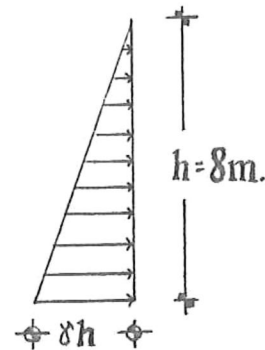
El brazo de momento con respecto al talón es:

$$7 \text{ m.} + 2.667 \text{ m.} = 9.667 \text{ m.}$$

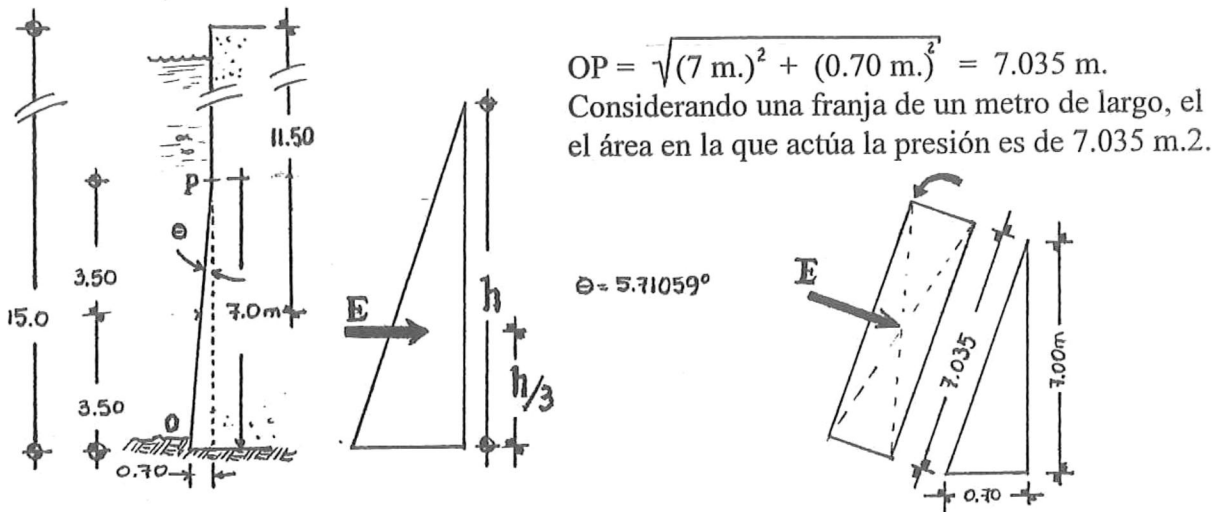
El momento que genera es:

$$MoE = 32 \text{ ton.}(9.667 \text{ m.}) = -309.344 \text{ ton.m.}$$

MoE es un momento desestabilizador, por ello se considera negativo.



Consideremos ahora la presión hidrostática en el paramento mojado con talud:



Se considera que la presión total en la placa es la de la columna de agua sobre el centro de gravedad (justo a la mitad) de la sección con talud 0.1:1. Esta altura es de 11.50 m. (altura de paramento vertical + mitad de la altura del paramento 0.1:1). De tal modo que la fuerza de empuje es:

$$E = \gamma h A = (1 \text{ ton./m.}^3)(11.50 \text{ m.})(7.035 \text{ m.}^2) = 80.9025 \text{ ton.}$$

La componente horizontal del empuje es:

$$E_x = E \cos \theta = (80.9025 \text{ ton.}) \cos 5.71059 = 80.5010 \text{ ton.}$$

La componente vertical del empuje es:

$$E_y = E \sin \theta = (80.9025 \text{ ton.}) \sin 5.71059 = 8.05010 \text{ ton.}$$

Ahora debemos calcular la posición del centro de presiones, que es el punto en el cual realmente actúa la resultante de presión hidrostática sobre una cara inclinada. Usaremos la fórmula:

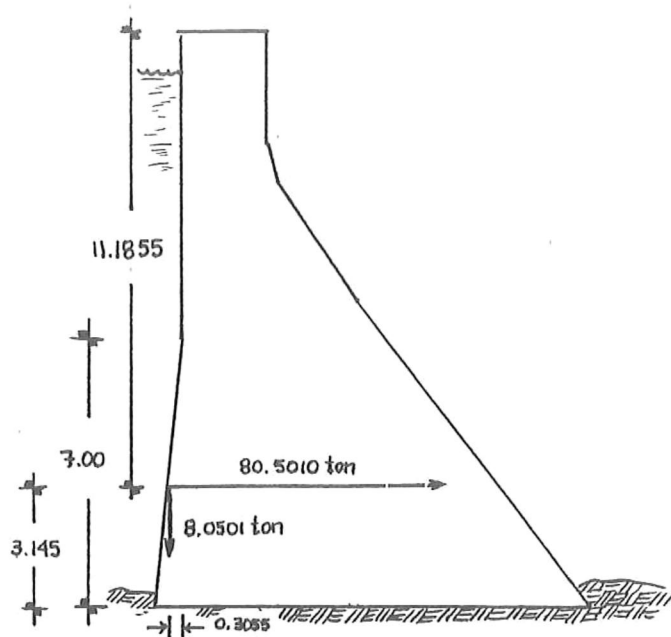
$$y = H + \frac{a^2 \cos^2 \theta}{12 H}$$

Donde: H es la profundidad al centro de gravedad = 11.50 m.

a: es la longitud de la cara inclinada = 7.035 m.

θ : es el ángulo de inclinación de la cara con respecto a la vertical = 5.71059

$$y = \frac{11.50 \text{ m.} + (7.035 \text{ m.})^2 (\cos 5.71059)^2}{12(11.50 \text{ m.})} = 11.855 \text{ m.}$$



La componente horizontal E_x produce un momento negativo:

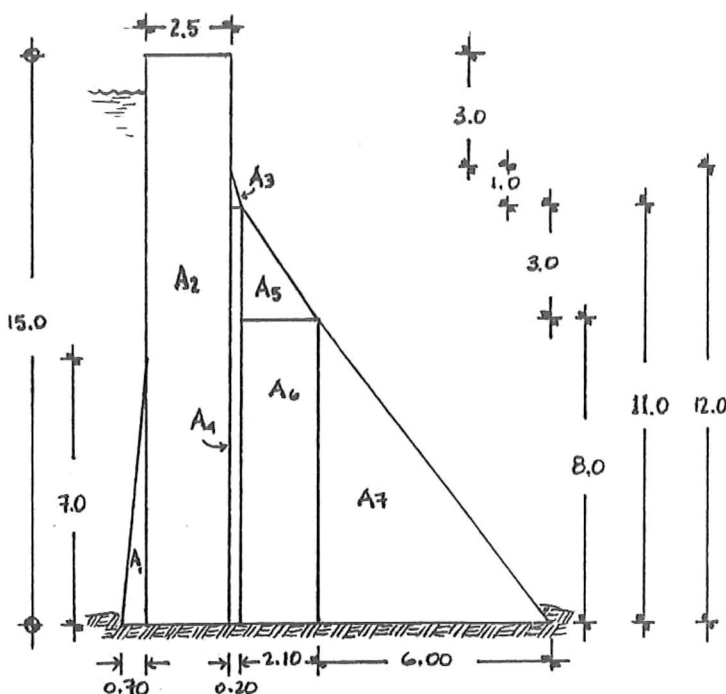
$$M_{oEx} = 80.5010 \text{ ton} \cdot (3.145 \text{ m.}) = -253.17565 \text{ ton.m.}$$

La componente vertical E_y produce un momento positivo (estabilizador):

$$M_{oEy} = 8.0501 \text{ ton} \cdot (11.1855 \text{ m.}) = 90.04439 \text{ ton.m.}$$

PESO PROPIO DE LA SECCION.

Para calcular el peso propio de la cortina, nuevamente se considera una franja de 1 m. de ancho. Multiplicando el área de la sección transversal por la franja de un metro se obtiene el volúmen total de concreto en esa franja. Multiplicando este volúmen por el peso volumétrico del concreto (2.2 ton./m.³) obtenemos el peso de la sección. Dividiendo la sección transversal en secciones geométricas más sencillas:



$$\begin{aligned}
A_1 &= 7\text{m.}(0.70\text{ m.})(0.50) = 2.45\text{ m.}^2 \\
A_2 &= 15\text{m.}(2.50\text{ m.}) = 37.50\text{ m.}^2 \\
A_3 &= 1\text{ m.}(0.20\text{ m.})(0.50) = 0.10\text{ m.}^2 \\
A_4 &= 0.20\text{ m.}(11\text{ m.}) = 2.20\text{ m.}^2 \\
A_5 &= 3\text{ m.}(2.10\text{ m.})(0.50) = 3.15\text{ m.}^2 \\
A_6 &= 2.10\text{ m.}(8\text{ m.}) = 16.80\text{ m.}^2 \\
A_7 &= 6\text{ m.}(8\text{ m.})(0.50) = 24.00\text{ m.}^2
\end{aligned}$$

$$\Sigma A_i = 86.20\text{ m.}^2$$

$$\text{Peso propio de la sección (PoPo)} = (86.20\text{ m.}^2)(1\text{ m.})(2.2\text{ ton./m.}^3) = 189.64\text{ ton.}$$

El peso propio actúa en el centro de gravedad de la sección transversal.

A continuación hacemos el cálculo del centroide (coordenada X respecto al talón).

$$\begin{aligned}
\bar{X}_1 &= 0.333(0.70\text{ m.}) + 10.80\text{ m.} = 11.033\text{ m.} \\
\bar{X}_2 &= 0.50(2.50\text{ m.}) + 8.30\text{ m.} = 9.55\text{ m.} \\
\bar{X}_3 &= 0.667(0.20\text{ m.}) + 8.10\text{ m.} = 8.233\text{ m.} \\
\bar{X}_4 &= 0.50(0.20\text{ m.}) + 8.10\text{ m.} = 8.20\text{ m.} \\
\bar{X}_5 &= 0.667(2.10\text{ m.}) + 6.00\text{ m.} = 7.40\text{ m.} \\
\bar{X}_6 &= 0.50(2.10\text{ m.}) + 6.00\text{ m.} = 7.05\text{ m.} \\
\bar{X}_7 &= 0.667(6.00\text{ m.}) = 4.00\text{ m.}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
A_1\bar{X}_1 &= 2.45\text{ m.}(11.033\text{ m.}) = 27.03085\text{ m.}^3 \\
A_2\bar{X}_2 &= 37.50\text{ m.}(9.55\text{ m.}) = 358.125\text{ m.}^3 \\
A_3\bar{X}_3 &= 0.10\text{ m.}(8.233\text{ m.}) = 0.8233\text{ m.}^3 \\
A_4\bar{X}_4 &= 2.20\text{ m.}(8.20\text{ m.}) = 18.40\text{ m.}^3 \\
A_5\bar{X}_5 &= 3.15\text{ m.}(7.40\text{ m.}) = 23.31\text{ m.}^3 \\
A_6\bar{X}_6 &= 16.80\text{ m.}(7.05\text{ m.}) = 118.44\text{ m.}^3 \\
A_7\bar{X}_7 &= 24.00\text{ m.}(4.00\text{ m.}) = 96.00\text{ m.}^3
\end{aligned}$$

$$\Sigma A_i\bar{X}_i = 641.76915\text{ m.}^3$$

$$\bar{X} = \frac{\Sigma A_i\bar{X}_i}{\Sigma A_i} = \frac{641.76915\text{ m.}^3}{86.20\text{ m.}^2} = 7.44512\text{ m.}$$

El momento por peso propio es un momento positivo:

$$M_{oPoPo} = 189.64\text{ ton.}(7.44512\text{ m.}) = 1411.89213\text{ ton.m.}$$

Cálculo de la coordenada Y del centroide con respecto al piso de la sección.

$$\begin{aligned}\bar{Y}_1 &= 0.333(7.00 \text{ m.}) &= 2.333 \text{ m.} \\ \bar{Y}_2 &= 0.50(15.00 \text{ m.}) &= 7.50 \text{ m} \\ \bar{Y}_3 &= 0.333(1 \text{ m.}) + 11 \text{ m.} &= 11.333 \text{ m.} \\ \bar{Y}_4 &= 0.50(11 \text{ m.}) &= 5.50 \text{ m.} \\ \bar{Y}_5 &= 0.333(3 \text{ m.}) + 8 \text{ m.} &= 1.00 \text{ m.} \\ \bar{Y}_6 &= 0.50(8 \text{ m.}) &= 4.00 \text{ m.} \\ \bar{Y}_7 &= 0.333(8 \text{ m.}) &= 2.667 \text{ m.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}A_1\bar{Y}_1 &= 2.45 \text{ m.}(2.333 \text{ m.}) &= 5.71585 \text{ m.}^3 \\ A_2\bar{Y}_2 &= 37.50 \text{ m.}(7.50 \text{ m.}) &= 281.250 \text{ m.}^3 \\ A_3\bar{Y}_3 &= 0.10 \text{ m.}(11.333 \text{ m.}) &= 1.1333 \text{ m.}^3 \\ A_4\bar{Y}_4 &= 2.20 \text{ m.}(5.50 \text{ m.}) &= 12.10 \text{ m.}^3 \\ A_5\bar{Y}_5 &= 3.15 \text{ m.}(9.00 \text{ m.}) &= 28.35 \text{ m.}^3 \\ A_6\bar{Y}_6 &= 16.80 \text{ m.}(4.00 \text{ m.}) &= 67.20 \text{ m.}^3 \\ A_7\bar{Y}_7 &= 24.00 \text{ m.}(2.66 \text{ m.}) &= 64.00 \text{ m.}^3\end{aligned}$$

$$A_i\bar{Y}_i = 459.74915 \text{ m.}^3$$

$$\bar{Y} = \frac{\sum A_i\bar{Y}_i}{\sum A_i} = \frac{459.74915 \text{ m.}^3}{86.20 \text{ m.}^2} = 5.33352 \text{ m.}$$

ANÁLISIS SISMICO.

Para calcular el efecto del sismo por inercia del agua se usan las siguientes expresiones:

$$C_t = \frac{817}{\sqrt{1 - 0.775(H/100(t))^2}}$$

$$K_t = 0.667 C_t \alpha \sqrt{H}$$

$$E_t = K_t h^{3/2}$$

$$M_t = 0.4 h E_t$$

Donde: h es la profundidad de la sección en estudio, en metros.

H es la altura total de la presa, en metros.

α es el coeficiente sísmico = a/g. ($\alpha = 0.05$).

t es el período sísmico. (consideraremos t = 1 seg.)

C_t es el coeficiente de Westergaard, en kg./m.³.

K_t es un valor previo al cálculo de la presión hidrostática, en kg.

E_t es el empuje hidrostático por sismo a una profundidad h, en kg.

M_t es el momento ocasionado por E_t , en kg.m.

Para 15 metros de profundidad:

$$C_t = \frac{817}{\sqrt{1 - 0.775(25/100(1))^2}} = 818.98589 \text{ kg./m.}^3.$$

$$K_t = 0.667(818.98589)(0.05)\sqrt{25} = 136.49765 \text{ kg.}$$

$$E_t = (136.49765)(15) = 7929.79688 \text{ kg.}$$

$$M_t = 0.4(15)(7929.79688) = -47578.78128 \text{ kg.m.} = -47.57878 \text{ ton.m.}$$

El cálculo del efecto sísmico por inercia del peso de la cortina es también sencillo usando la siguiente expresión:

$$M_{oSiPo} = P\alpha \bar{Y}.$$

Donde: P = carga (peso propio).

α = coeficiente sísmico (0.05).

P = fuerza sísmica por peso propio

\bar{Y} = brazo de momento (distancia del piso al centroide de la sección).

$$P\alpha = 189.64 \text{ ton.}(0.05) = 9.482 \text{ ton.}$$

$$M_{oSiPo} = 189.64 \text{ ton.}(0.05)(5.333 \text{ m.}) = -50.57067 \text{ ton.m.}$$

Ambos momentos sísmicos son momentos que producen un giro de volteo en la sección y por ello se consideran negativos

SEGURIDAD DE LA SECCION.

Por último, se hace una verificación de la estabilidad y esfuerzos a los que está sometida la sección, con el fin de que en caso que no se cumplan los requisitos de seguridad, se proponga otra sección con más talud, que pase las pruebas de seguridad.

SEGURIDAD AL VOLTEO.

El coeficiente de volteo se establece así:

$$C.V. = \frac{\Sigma \text{ Momentos Positivos}}{\Sigma \text{ Momentos Negativos}}$$

$$\text{Momentos Positivos} = M_{ey} + M_{oPoPo} = 1,501.93652 \text{ ton.m.}$$

$$\text{Momentos Negativos} = M_{oSubp} + M_{oE} + M_{oEx} + M_t + M_{oSiPo} = 1004.08410$$

$$C.V. = \frac{1501.93652 \text{ ton.m.}}{1004.08410 \text{ ton.m.}} = 1.49583$$

Para que se considere segura una presa, el coeficiente de volteo nunca debe ser menor que 1.45. Por lo tanto, esta sección pasa la prueba de volteo.

SEGURIDAD AL DESLIZAMIENTO.

La condición que debe cumplirse es:

$$\frac{f \sum F_v}{\sum F_h} > 1$$

Donde f es el coeficiente de fricción entre la base de la cortina y la cimentación.
Consideremos f = 0.75.

$$\begin{aligned} \sum F_v &= \text{SubP} + \text{PoPo} + E_y = 156.219 \text{ ton.} \\ \sum F_h &= E + E_x + E_t + P = 1299.911 \text{ ton.} \end{aligned}$$

$$\frac{0.75(156.219 \text{ ton.})}{129.911 \text{ ton.}} = 0.9019 < 1$$

Si bien no se cumple la condición de seguridad, se pueden aprobar secciones que no satisfagan ésta condición ya que existen varios métodos constructivos para contrarrestar el efecto de deslizamiento. Por esta razón se acepta esta sección.

ESFUERZOS EN EL PIE Y EL TALON DE LA CORTINA.

Primero se debe calcular la distancia del pie a la resultante de las fuerzas actuantes.

$$X = \frac{\sum M_o}{\sum F_v} = \frac{1501.93652 \text{ ton.m.} - 1004.08410 \text{ ton.m.}}{156.219 \text{ ton.}} = 3.18689 \text{ m.}$$

Después se calculan los esfuerzos en el talón y en el pie de la cortina.

Esfuerzo en el talón:

$$f_a = \frac{N}{T} \left(1 - \frac{6e}{T} \right)$$

donde: N = fuerza normal = $F_v = 156.219 \text{ ton.}$

T = ancho de la base = 11.50 m.

e = excentricidad = $\frac{T}{2} - X = 5.75 \text{ m.} - 3.18689 \text{ m.} = 2.56311 \text{ m.}$

$$f_a = \frac{156.219 \text{ ton.}}{11.50 \text{ m.}} (1 - \frac{6(2.56311)}{11.50 \text{ m.}}) = -4.58164 \text{ ton./m.}^2$$

El signo negativo indica que se trata de esfuerzo a tensión.

El máximo esfuerzo a tensión permisible para el concreto es: $0.5(0.05)f_c$.

Si $f_c = 140 \text{ kg./cm.}^2$, el máximo a tensión permisible es de $3.5 \text{ kg./m.}^2 = 35 \text{ ton./m.}^2$

$$4.58164 \text{ ton./m.}^2 < 35 \text{ ton./m.}^2$$

Esfuerzo en el pie:

$$f_b = \frac{N}{T} (1 + \frac{6e}{T}) = \frac{156.219 \text{ ton.}}{11.50 \text{ m.}} (1 + \frac{6(2.56311)}{11.50 \text{ m.}}) = 31.75015 \text{ ton./m.}^2$$

El esfuerzo máximo a compresión permisible en el concreto es: $0.5(0.45)f_c$.

Con $f_c = 140 \text{ kg./cm.}^2$, el máximo a compresión permisible es 31.5 kg./cm.^2 o 315 ton./m.^2 .

$$31.75015 \text{ ton./m.}^2 < 315 \text{ ton./m.}^2$$

En ambos casos los esfuerzos están por debajo de los máximos permisibles.

ESFUERZO CORTANTE.

Cálculo del esfuerzo cortante que actúa en la base de la sección:

$$V = \frac{\sum F_h}{\text{Area de la base}} = \frac{129.911 \text{ ton.}}{11.50 \text{ m.}^2} = 11.29661 \text{ ton./m.}^2$$

La resistencia máxima del concreto al esfuerzo cortante es: $0.29 f_c$.

Con $f_c = 140 \text{ kg./cm.}^2$, la máxima resistencia es de 34.3 ton./m.^2 .

$$11.29661 \text{ ton./m.}^2 < 34.3 \text{ ton./m.}^2$$

NOTA: En caso de que una sección no pase la prueba de cortante, es recomendable incrementar la resistencia del concreto.

CONCLUSION.

La sección pasa la prueba al cortante, así como el resto de las pruebas de seguridad, por lo tanto esta sección se acepta, y se procede a hacer el análisis a los 16 metros.

En caso de que la sección no hubiera pasado la prueba de volteo, se analizaría una nueva sección con mayor pendiente en el paramento (0.2 : 1). Lo que se acostumbra es dar primero pendiente al paramento seco hasta lograr que la cortina sea estable, en incrementos de 0.10 en 0.10. Esta medida hace que aumente la distancia entre el centro de gravedad y el talón de la cortina, del tal modo que aumenta el brazo del momento por peso propio de la cortina, aumentando así la estabilidad. La pendiente máxima permisible en paramento seco es de 0.75; una vez que 0.75 de pendiente en el paramento seco no basta para que la cortina sea estable, se comienza a dar pendiente al paramento mojado también en incrementos de 0.10 hasta lograr una sección estable. Esta medida, al igual que la anterior aumenta la distancia entre el centro de gravedad de la presa y el talón, además de que el empuje vertical del agua sobre la cara inclinada del paramento mojado genera un momento adicional que ayuda a impedir el volteo.

CAPITULO II.

VERTEDOR DE DEMASIAS.

El vertedor de demasías es una parte importante del conjunto operacional de una presa de almacenamiento o de control. Su función es dejar escapar el agua excedente que no cabe en el espacio destinado al almacenamiento, y en las presas derivadoras dejar pasar los excedentes que no se envían al sistema de derivación. Ordinariamente, los volúmenes en exceso se toman de la parte superior del embalse creado por la presa y se conducen al río aguas abajo o a algún canal de drenaje natural.

Un vertedor seguro es de gran importancia, ya que muchas de las fallas de las presas se han debido a vertedores mal proyectados o de capacidad insuficiente. La amplitud de la capacidad es de suma importancia en las presas de tierra y en las de enrocamiento, que tienen el riesgo de ser destruidas si son rebasadas por el agua. Las presas de concreto pueden resistir un rebasamiento moderado.

Además de tener suficiente capacidad, el vertedor debe ser hidráulica y estructuralmente adecuado y debe estar localizado de manera que las descargas del vertedor no erosionen ni socaven el talón de aguas abajo de la presa. Las superficies que forman el canal de descarga del vertedor deben ser resistentes a las velocidades erosivas. Generalmente es necesario algún medio para la disipación de la energía al pie de la caída.

Los tipos de vertedores más empleados en presas de almacenamiento son:

- Lavadero.
- Alcantarilla.
- Descarga directa.
- Canal lateral.
- Cresta en abanico.
- De pozo o tiro.
- Sifón.

Los más empleados en México son: el de descarga directa, el de cresta en abanico y el vertedor con canal lateral.

Revisaremos la metodología para hacer el cálculo y diseño hidráulico de un vertedor con canal lateral, en forma sencilla pero con suficiente detalle como para poder usarse en la elaboración de anteproyectos reales.

Este tipo de vertedores son aquellos cuya descarga se conduce del vaso al nivel del río aguas abajo, por un canal abierto, colocado a lo largo de la ladera del emplazamiento de la presa o por un puerto. Por lo general, el flujo del vertedor cae perpendicular al eje de un canal abierto en el cual las líneas de corriente se mueven en la dirección del eje.

Los vertedores de demasías con canal de descarga se usan más en presas de tierra que en las de otros tipos. Estos son sencillos de proyectar y de construir, se adaptan a casi cualquier condición de cimentación y se puede lograr cierta economía aprovechando el material de excavación en el terraplén de la presa.

Los vertedores de este tipo constan comunmente de un canal de entrada, una estructura de control, un canal de descarga, una estructura terminal y una salida.

Generalmente, la circulación del agua en el canal de entrada se efectúa a velocidad subcrítica, la cual se torna crítica al pasar por la sección de control. Las velocidades en el canal de descarga comúnmente se mantienen en el régimen supercrítico, siendo aceleradas, hasta llegar a la estructura terminal. Para que el funcionamiento sea bueno, deben evitarse cambios bruscos en dirección vertical y curvas bruscas en el canal de descarga.

Para el canal de entrada, la sección transversal trapezoidal es la mas usada. Para este tipo de vertedor, las secciones cuya relación ancho-tirante es mínima tienen mejor funcionamiento hidráulico que secciones con ancho de plantilla grande y tirante de poca profundidad.

Se obtiene una sección de control aguas abajo elevando la plantilla para obtener un régimen crítico, y dando una pendiente mayor que la pendiente crítica al canal de descarga se asegura una velocidad supercrítica que evita que el canal trabaje ahogado.

Los parámetros de los que parte el proyecto son el gasto hidráulico de diseño y la longitud del vertedor. Usualmente, la topografía del vaso de la presa rige la longitud y posición del canal colector. La longitud del vertedor es la del canal colector.

CARGA HIDRAULICA.

Primero se calcula la carga hidráulica sobre el vertedor con la fórmula general de vertedores:

$$Q = C L H^{3/2}$$

donde: Q = gasto hidráulico.

C = coeficiente de descarga.

L = longitud del vertedor.

H = carga hidráulica del vertedor.

Acerca del coeficiente de descarga:

En la determinación del coeficiente de descarga C , influyen varios factores como la profundidad de llegada, la relación de la forma real de la cresta a la de la lámina ideal, la pendiente del paramento aguas arriba del vertedor, interferencia del lavadero aguas abajo y el tirante de la corriente aguas abajo.

Para información detallada con respecto a este coeficiente y su determinación, consúltese:

Diseño de Presas Pequeñas, del U. S. Bureau of Reclamation.
Sección 190.
Pags. 303 a 309.

CALCULO HIDRAULICO.

Una vez determinada la carga hidráulica, se determinan las medidas del canal colector, así como las características hidráulicas a lo largo de éste. El método que revisaremos es el de el Ing. Julián Hinds, cuyos resultados han demostrado ser satisfactorios al comprobarse con modelos de laboratorio.

Como ya se expuso anteriormente, el canal colector es de sección trapecial. Una relación pequeña ancho-tirante proporciona un mejor funcionamiento hidráulico, sin embargo la topografía del lugar puede ser un factor decisivo en las proporciones del canal. Se deja a criterio del proyectista escoger una sección apropiada, según convenga al proyecto.

FORMULARIO.

Las fórmulas empleadas en este método son:

1.- $Q_x = q x$

2.- $V_x = a x^n$

3.- $A_x = Q_x/V_x$

4.- $Y_x = \frac{n+1}{n} h_{vx} = \frac{A_x}{2tx}$

5.- $a = \sqrt{\frac{2 g n (A/2t)}{(n+1)x}}$

6.- $f = Y + d$

Donde:

Q_x es el gasto en una longitud x de la cresta vertedora, en m.³/seg.

q es el gasto por unidad de longitud, en m.³/seg.

x es la distancia medida sobre la cresta a partir de su origen, en m.

V_x es la velocidad en el canal a una distancia x , en m./seg.

a, n son constantes características en vertedores con canal lateral.

El valor de la constante n fluctúa entre 0.5 y 1.0; en base al valor de n se calcula el valor de a , usando la fórmula (5). Para determinar el perfil más conveniente desde el punto de vista hidráulico y económico puede ser necesario hacer una serie de ensayos variando el valor de estos coeficientes.

Y_x es la distancia vertical entre la superficie del agua y un plano horizontal que se localiza a un nivel igual al de la cresta más la sumergencia*, en m.

h_{vx} es la energía de velocidad en la sección del canal a distancia x , en m.

A_x y T_x son el área y el ancho de la superficie libre del agua respectivamente, de la sección a x distancia.

g es la aceleración de la gravedad = 9.81 m./seg.²

d es el tirante en el eje del canal, en m.

* La sumergencia se evalúa en función de la carga H del vertedor, estando comprendido ese valor entre 0.5 H y 0.667 H para casos comunes.

DETERMINACION DE LA SECCION MAXIMA DEL CANAL COLECTOR.

Esta es la sección final del vertedor, o sea la sección del canal donde se tiene el gasto total Q . Para conocer las características hidráulicas de esta sección se verifica la igualdad (4) con el valor elegido de la constante n , es decir:

$$Y = \frac{A_x}{2 T_x} = \frac{n + 1}{n} h_{vx}$$

La verificación de esta igualdad se hace escogiendo un ancho de plantilla y haciendo tanteos suponiendo el valor del tirante d , hasta encontrar el valor del tirante que satisface la ecuación. Es práctica común considerar para el canal de sección trapezoidal taludes 0.5:1. Es conveniente realizar los tanteos mediante la siguiente tabulación:

d	bd	d^2	$A=bd+0.5d^2$	$T=b+d$	$2T$	$Y=A/2T$	$V=Q/A$	$hv=V^2/2g$	$Y=((n+1)/n)hv$

CARACTERISTICAS A LO LARGO DEL CANAL COLECTOR.

Una vez que se han determinado las dimensiones de la sección transversal del canal colector, se determinan las características hidráulicas a lo largo del canal, recurriendo de nueva cuenta de una tabulación de valores, solo que en esta ocasión no se harán "tanteos" sino que se harán los cálculos de las características para cada estación (distancia x) del canal colector.

Además de las fórmulas anteriores, utilizaremos para determinar el tirante (col 6.):

$$d = \frac{-b + \sqrt{b^2 + 4 t Ax}}{2 t}$$

donde: t = pendiente de talud del canal trapezoidal (usualmente $t = 0.5$)
 b = ancho de plantilla.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
dist	x^n	ax^n	qx	Qx/Vx	d	$Vx^2/2g$	$((n+1)/x)hvx$	$y+d$	ELEVACIONES	
x	x^n	Vx	Qx	Ax	dx	hvx	y	fx	S.L.A.	plantilla
0	0	0	0	0	0	0	0	0	E.P.A.	
1										
2										
3										
4										

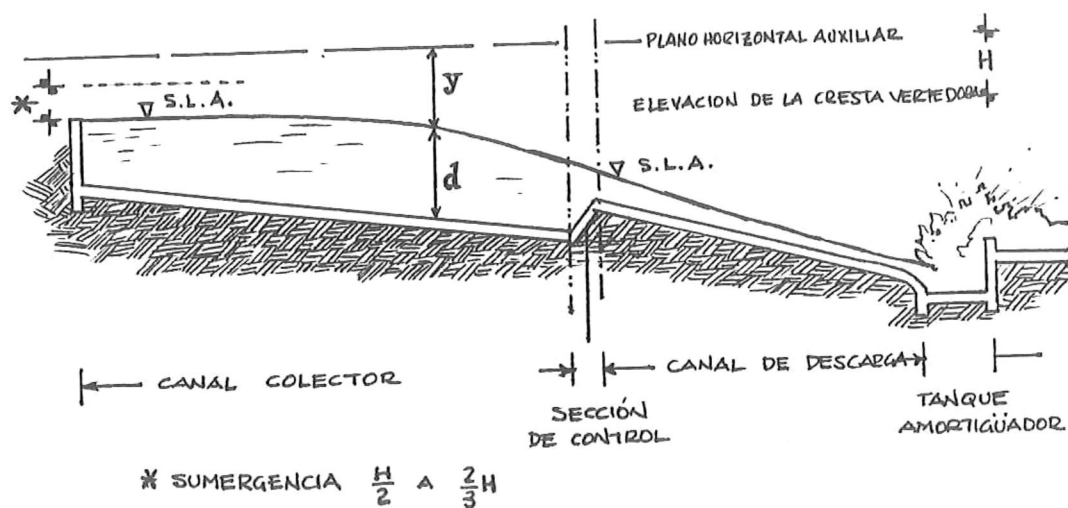
Realizar los cálculos es sencillo haciendo las operaciones indicadas en los encabezados de cada columna. Ya se ha descrito el significado de la simbología, y solo hacen falta algunas observaciones para comprender esta tabulación.

Se analiza el comportamiento hidráulico del canal a cada metro de distancia, de principio a fin. Puede optarse por hacer el análisis a cada cierta distancia (3m., 5m., 10 m...), pero es recomendable conocer detalladamente el comportamiento hidráulico en las secciones cercanas al principio y final del canal colector.

S.L.A. representa la elevación de la Superficie Libre del Agua a lo largo del canal. En el principio del canal, se considera que S.L.A. es igual a la Elevación del Plano Auxiliar (E.P.A. = elevación de la cresta vertedora + sumergencia). Este valor es el único que se coloca en el renglón de la distancia cero y servirá de referencia para los cálculos siguientes.

El valor de la columna 10 se calcula: $SLA = EPA - y$ (col. 8)

El valor de la columna 11 se calcula: $Plantilla = EPA - fx$ (col. 9)



Puesto que el perfil del canal colector varía dependiendo de los valores asignados a los coeficientes a y n , es conveniente hacer varios perfiles variando estos coeficientes. Se escogerá aquel perfil que permita construir el vertedor con la mínima excavación de acuerdo con la topografía del terreno y cuyo funcionamiento hidráulico sea satisfactorio.

En la elaboración de un proyecto, al hacer los cálculos anteriores, comparar las cotas de la plantilla de cada sección y trazar el perfil del canal, se dará cuenta de que no se obtiene una rasante de pendiente uniforme.

Se elige entonces una pendiente uniforme para la rasante del canal. Para elegir esta pendiente se hace un promedio de la pendiente que hay entre secciones, considerando solamente la segunda mitad del canal. Esto se debe a que los valores de la pendiente en las primeras secciones son muy altos.

Una vez que se determina la pendiente de la plantilla, se obtiene el perfil del canal, partiendo de la elevación de plantilla que se calculó para el final del canal colector, y subiendo con la pendiente calculada hasta llegar a la nueva elevación de plantilla al principio del canal.

Consecuentemente se tendrá una variación en el valor de los tirantes del canal. Puede recalcularse el canal, usando el método de incrementos finitos, haciendo tanteos partiendo de la sección final del canal colector cuyos datos son conocidos, ya que es la sección máxima. Este es un proceso tedioso, del cual se puede prescindir pues usualmente la diferencia que existe entre tirantes es de solo unos centímetros.

PERFIL DEL VERTEDEDOR.

Una vez que se conocen las características hidráulicas del canal colector, se debe conocer el perfil del vertedor, el cual se trata de un cimacio tipo Creager cuyo perfil aguas abajo describe una parábola igual a la de la trayectoria del agua al caer, de modo que la lámina de agua siempre está en contacto con el vertedor.

El perfil del vertedor aguas arriba corresponde a una sección semicircular cuyo radio es $R = 0.40H$, y cuyo arco va de el origen $(0,0)$ hasta el punto con coordenadas $(-0.283H, 0.126H)$.

Aguas abajo, el perfil parabólico se calcula con la fórmula de Scimemi:

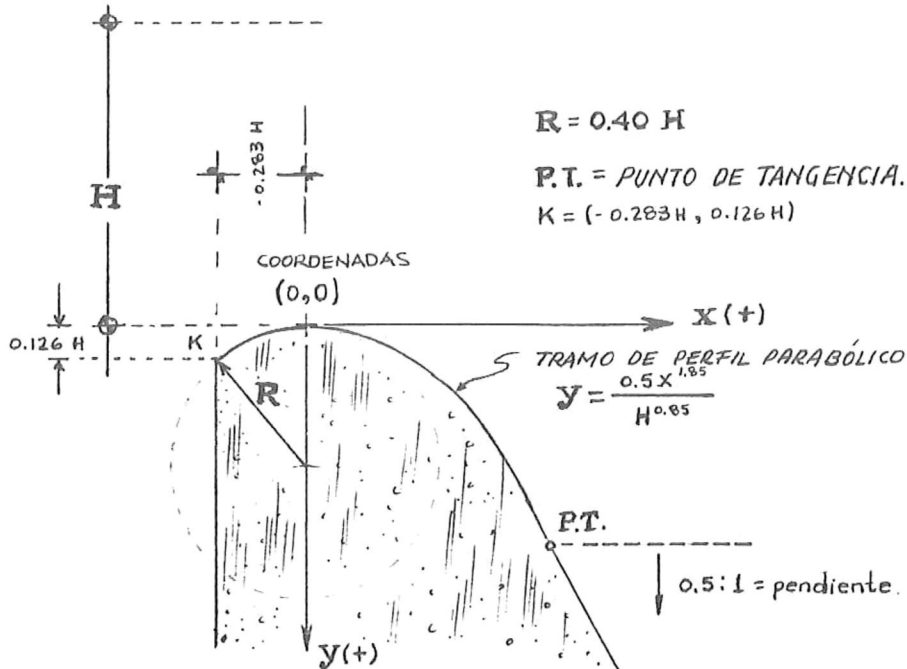
$$Y = \frac{0.5 X^{1.85}}{H^{0.85}}$$

El perfil parabólico termina incorporándose al talud del canal colector. Este punto de transición entre sección parabólica y sección recta es el Punto de Tangencia (P.T.) en el cual la tangente del perfil parabólico es igual a la pendiente del talud. La tangente se obtiene derivando la función de Scimemi respecto a X; igualando la derivada a la pendiente del talud se puede conocer la coordenada en el eje X del punto de tangencia y evaluando la función de Scimemi con la coordenada así calculada, se conoce la coordenada en el eje Y del P.T.

Generalmente $t = 0.50$, la pendiente de un talud 0.50 es: $1 / 0.50 = 2$, por lo tanto:

$$\frac{dY}{dX} = \frac{0.925 X^{0.85}}{H^{0.85}} = 2$$

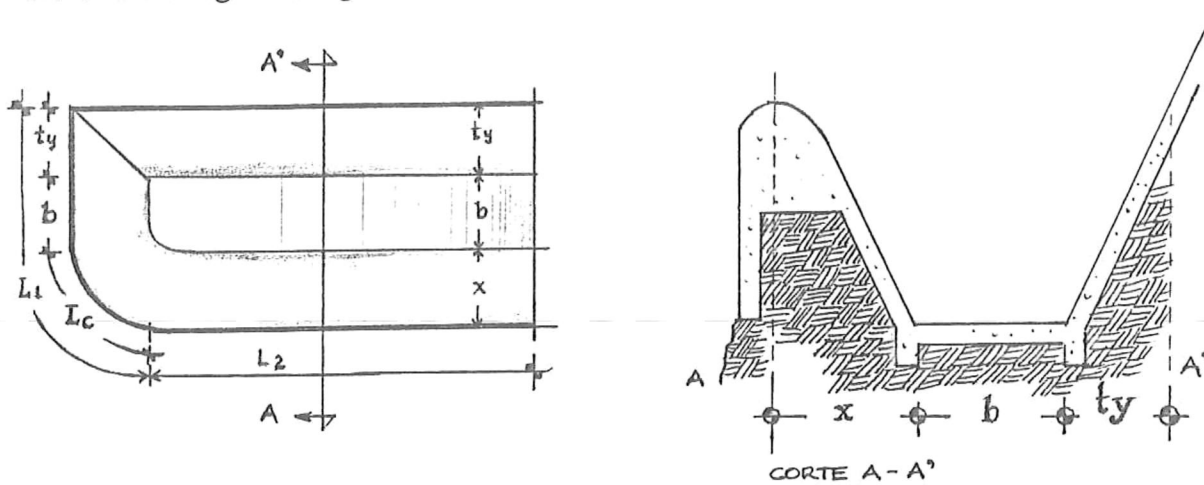
Se obtiene el trazo del perfil del cimacio evaluando la fórmula de Scimemi con valores de X a cada cierto intervalo y graficando los pares de coordenadas resultantes.



DISPOSICION DEL VERTEDEDOR EN PLANTA.

Con el objeto de economizar en la excavación que aloja a este tipo de vertedor, es práctica común darle una forma curva (en planta) a la cresta del vertedor en el inicio de éste. Al darle esta forma curva al vertedor, el funcionamiento hidráulico no desmerece.

Obsérvese la siguiente figura:



De la figura:

$$L1 = Lc + b + t Y$$

$L = L1 + L2 =$ longitud total del vertedor.

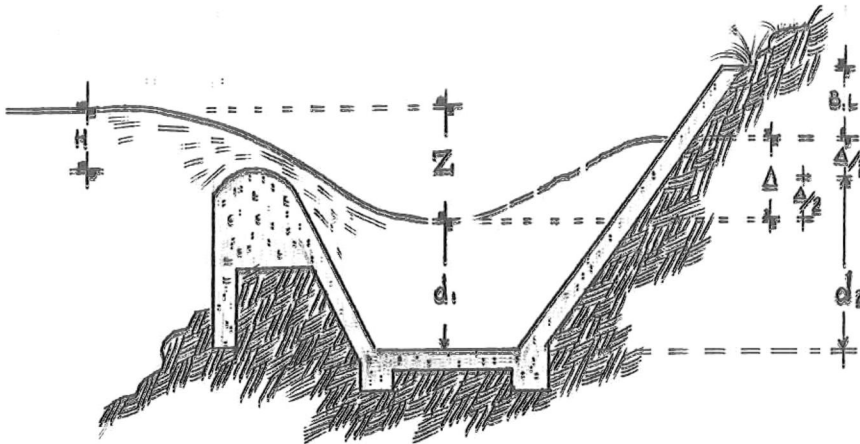
$$Lc = \frac{1\pi r}{2}$$

El valor del radio de la curva es igual al valor de la coordenada en X del perfil parabólico. Para conocer la coordenada en X, primero debe calcularse la elevación de plantilla a la distancia L1, después se resta la elevación de plantilla a la elevación de la cresta vertedora y se obtiene así la coordenada Y del perfil del cimacio, entonces se calcula la coordenada X con la fórmula de Scimeimi conociéndose así el radio de la sección curva.

El cálculo se hace por tanteos, suponiendo una longitud L1 y verificando la igualdad, hasta que ésta se cumpla.

REVESTIMIENTO DEL CANAL COLECTOR.

Para concluir el diseño del canal colector, debe determinarse la elevación del revestimiento del mismo. Para el diseño del revestimiento considérese la siguiente figura:



Basándose en la teoría hidráulica de estos vertedores:

$$\Delta = \frac{q}{gd} \sqrt{2gz}$$

d es el valor calculado en la columna 6 de la tabla de características hidráulicas del canal colector.

Considerando el bordo libre de un metro de altura, para cada sección:

$$\text{Elevación revestimiento} = \text{Elevación plantilla} + d_z + \frac{\Delta}{2} + 1\text{m.}$$

Al conocer la elevación del revestimiento en cada sección del canal, se podrá trazar un perfil de revestimientos, y adoptar después otro cuya pendiente sea uniforme.

Una vez que se conocen las dimensiones y el comportamiento hidráulico del canal colector, se diseña el canal de descarga. Generalmente se conservan las dimensiones de la plantilla del canal colector, así como el talud de las paredes, pero pueden variar estas características atendiendo a la economía y el funcionamiento hidráulico.

Conforme a la topografía y geología del terreno, en el diseño del canal de descarga se busca lograr un volumen mínimo de excavación y que el tirante de agua quede alojado dentro del terreno firme.

SECCION DE CONTROL.

El canal de descarga inicia justo donde termina el canal colector. El canal colector trabaja a velocidades subcríticas y el canal de descarga trabaja a velocidades supercríticas, por lo cual se le proporciona una pendiente mayor que la crítica y se debe establecer en su inicio una sección de control para la transición de regímenes.

Primero deben calcularse el tirante crítico, pendiente crítica y velocidad crítica. El tirante crítico (d_c) se calcula por tanteos, verificando la siguiente igualdad.

$$\frac{Q^2}{g} = \frac{A^3}{T}$$

donde: A es el área hidráulica = $b d_c + t d_c^2$

T es el ancho de la superficie libre del agua = $b + 2 t d_c$

La velocidad crítica se calcula con la ecuación de continuidad:

$$V_c = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{b d_c + t d_c^2}$$

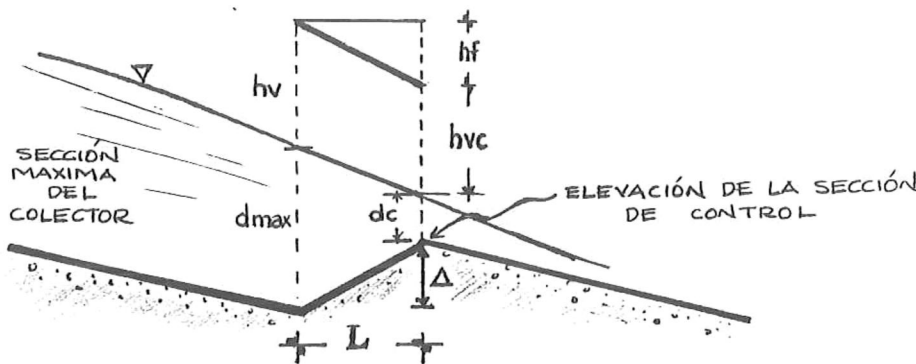
Con la ecuación de Manning se calcula la pendiente crítica:

$$S_c = (V_c n / Rh^{2/3})^2$$

* Debemos recordar que en esta fórmula, n es el coeficiente de rugosidad y no el coeficiente hidráulico. Para el concreto: $n = 0.015$

La pendiente del canal de descarga debe ser mayor a la pendiente crítica, queda a criterio del proyectista que tanto incrementar dicha pendiente.

Ahora se debe calcular la elevación de la plantilla en la sección de control. Considérese la figura:



Basándose en el teorema de Bernoulli, se establece:

$$d_{\text{máx}} + hv = \Delta + dc + hvc + hf$$

$d_{\text{máx}}$ es el tirante de la sección máxima del colector (último valor calculado de la col. 6).

hv es la pérdida por velocidad de la sección máxima (último valor calculado de la col. 7).

dc es el tirante crítico recién calculado.

hvc es la pérdida de carga por velocidad crítica ($hvc = V_c / 2g$).

hf es la pérdida de carga por fricción.

Haciendo $L = 0$, y considerando $hf = 0$, por ser un valor muy pequeño:

$$d_{\text{máx}} + hv = \Delta + dc + hvc$$

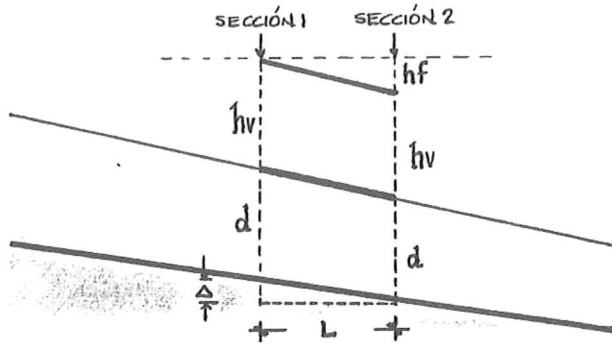
Entonces la elevación de la plantilla al inicio del canal de descarga será:

$$\text{Elev. sección de control} = \text{Elev. sección máx.} + \Delta$$

CANAL DE DESCARGA.

A continuación se determinan las características hidráulicas de algunas secciones del canal de descarga, basándose en el teorema de Bernoulli. Para ello se usa la siguiente tabulación:

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Est.	d	A	V	V med.	h _v	P	Rh	Rh med.	$Rhm^{2/3}$	$(Vm n/Rhm^{2/3})^4$	L	h _f	Δ	Σ



La primera estación es la sección de control, cuyas características hidráulicas son ya conocidas, después se escoge otra estación y por tanteos se encuentra el tirante que satisfaga el postulado de Bernoulli; éste establece que la energía total en dos secciones distintas de un flujo deben ser iguales (considerando las pérdidas entre una sección y la otra), por lo tanto el tirante de la segunda sección será aquel con el que la suma de cargas (col.15) sea igual a la suma de cargas de la sección anterior.

Debemos recordar que en un canal como el que estamos estudiando, conforme el agua avanza el flujo se acelera, disminuyendo el tirante en función de la longitud recorrida del canal. Por ello, los "tanteos" deberán hacerse con valores menores que el del tirante de la sección anterior.

En la columna 5 se anota el promedio de las dos velocidades (la de la sección anterior ya aprobada y la de la sección que se está proponiendo). En la columna 10 se anota el promedio de los radios hidráulicos de las dos secciones que se están comparando. La columna 12 es la distancia que hay entre las dos secciones. El valor de la columna 14 es la caída del tirante de la segunda sección con respecto al tirante de la primera. La columna 15 tiene el valor de la energía total en la sección, cuando este valor es igual al de la primera sección se ha encontrado el tirante correcto de la segunda sección.

El revestimiento del canal de descarga se proyecta considerando de nueva cuenta un bordo libre de un metro de altura y haciendo un perfil de revestimiento con pendiente uniforme.

TANQUE AMORTIGUADOR.

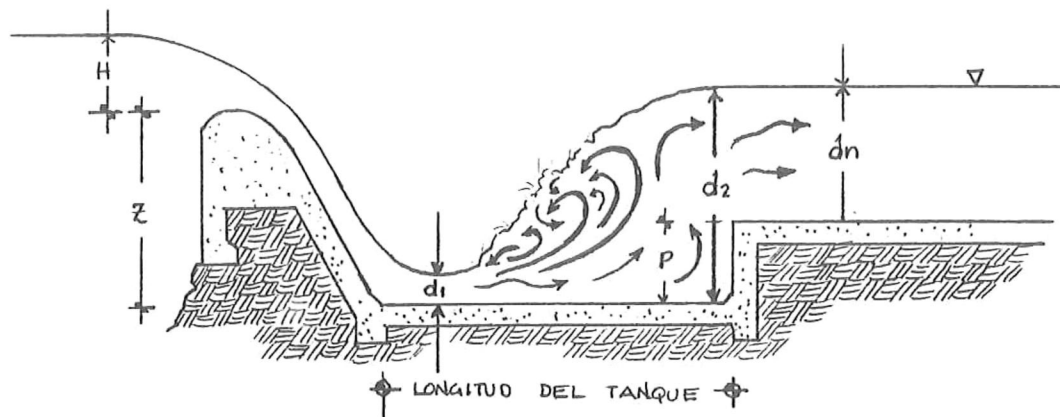
Es muy probable que la velocidad al final del canal de descarga sea muy alta, es por ello que comunmente se construye alguna estructura disipadora de energía al final de éste, para evitar que la erosión y socavación consecuentes representen un riesgo, y tener una descarga tranquila aguas abajo del rio.

Para este efecto es comun proyectar un tanque amortiguador, aunque existen otras alternativas, como construir el canal de descarga en “escalones” disipándose energía en la turbulencia al pie de cada caída.

El U.S. Bureau of Reclamation ha realizado investigaciones y ha publicado métodos de cálculo de tanques amortiguadores en función del número de Froude. Recomendamos la lectura de las secciones 198 a 202 (pags. 321 - 337) del libro Diseño de Presas Pequeñas.

Presentamos aquí un método basado en información de manuales de la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. Se escogió este método por su sencillez, no requiere el uso de nomogramas, es de aplicación general y es fácil programarlo en computadora.

Vease la siguiente figura:



El funcionamiento de este tipo de tanques amortiguadores está basado en el principio del salto hidráulico. El salto hidráulico se verifica cuando se pasa en condiciones adecuadas, de un régimen rápido a un régimen lento con pérdida parcial de energía.

Al presentarse un escurrimiento con régimen rápido y teniendo aguas abajo de la caída una pendiente suave y menor que la crítica, se tendrá al pie de la caída un tirante d_1 , cuyo conjugado d_2 se formará rápidamente si las condiciones físicas lo propician.

Al producirse el tirante d_2 la energía cinética se transforma; una parte en energía de presión y otra se pierde por el cambio súbito de régimen y en los remolinos y turbulencias del salto hidráulico.

El tanque amortiguador consiste en un tanque al pie de la caída con una profundidad P que es el espesor del colchón de agua que amortigua el golpe del chorro.

Si $d_n + P > d_2$ el salto se produciría antes de la caída, si $d_n + P < d_2$ el salto probablemente no se produciría, el agua seguiría con una velocidad alta. Finalmente si $d_n + P = d_2$ el salto se produce al pie de la caída como está indicado en la figura.

En resumen el problema se reduce a determinar una profundidad de colchón tal que el salto se produzca al pie de la rampa. O sea:

$$P = d_2 - d_n$$

Se puede considerar de manera conservadora el tirante normal (d_n) igual al tirante crítico, siempre que el ancho permanezca más o menos constante después de la descarga.

La selección del ancho del tanque amortiguador se hace en función del comportamiento hidráulico y también del costo de construcción.

Igualando energías en las secciones A y B, y despreciando pérdidas de energía por ser mínimas antes del salto:

$$Z + d_c + h_{vc} = d_1 + h_{v1}$$

Se propone un valor de Z , y para conocer el tirante d_1 se verifica la igualdad anterior mediante valores supuestos de d_1 .

Una vez que se ha encontrado el valor correcto de d_1 , se procede al cálculo de d_2 , el cual puede ser calculado directamente si la sección del tanque es rectangular, usando la siguiente fórmula:

$$d_2 = \frac{-d_1}{2} + \sqrt{\frac{2d_1 V_1^2}{g} + \frac{d_1^2}{4}}$$

Pruebas realizadas por el U.S. Bureau of Reclamation han demostrado que el salto hidráulico en un tanque trapezoidal es menos completo y menos estable que el que se produce en un tanque de sección rectangular.

Una vez conocidos los tirantes conjugados, se calcula la altura del colchón P:

$$P = d_2 - d_1$$

También se calcula la longitud del tanque:

$L = 5 (d_2 - d_1)$ Con dientes amortiguadores.

$L = 7 (d_2 - d_1)$ Sin dientes amortiguadores.

Para la caída del agua puede proyectarse un cimacio similar al de un vertedor Creager, o bien, simplemente proyectarse una rampa con pendiente similar a la del perfil parabólico.

Finalmente se calcula la velocidad de salida del tanque amortiguador.

CAPITULO III.

OBRA DE TOMA.

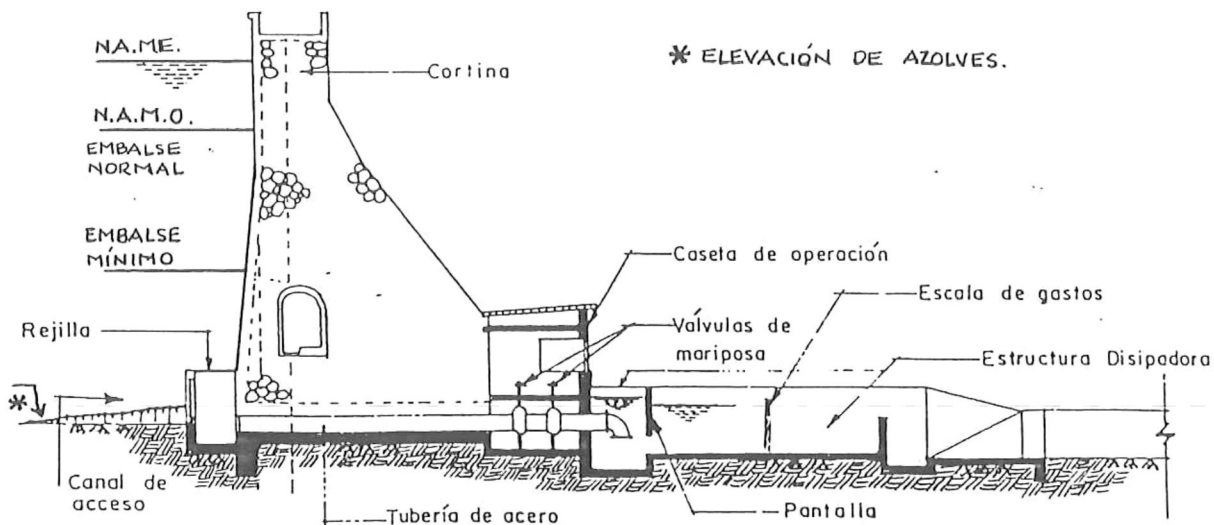
La obra de toma se construye con el objeto de extraer el agua de la presa en forma controlada y poder utilizarla con el fin para el cual ha sido proyectado su aprovechamiento.

En el caso de las presas de almacenamiento, la función de la obra de toma depende de los objetivos de almacenamiento y así se tienen tomas para generación de energía eléctrica, riego, dotación de agua potable, como auxiliares en el control de avenidas, desvío de la corriente durante la construcción y como desagües para el vaciado rápido de la presa.

También en las presas derivadoras se construyen tomas para riego y para dotación de agua potable.

Revisaremos el cálculo hidráulico de una obra de toma con tubería a presión.

Obsérvese la siguiente figura:



El canal de acceso encauza el agua a la rejilla. La rejilla, colocada sobre la estructura de entrada, impide el paso de cuerpos flotantes a través de la toma. Desde la rejilla hasta las válvulas, la tubería trabaja a presión. La tubería es de acero. En la caseta de operación la toma de agua es controlada por medio de válvulas de mariposa. La descarga al canal de conducción se lleva a cabo por medio de una estructura amortiguadora a base de un tanque de reposo con su pantalla y escala de gastos.

CALCULO HIDRAULICO.

Como primer paso en el cálculo hidráulico de una toma de este tipo, se supone un diámetro de tubería y con éste se calculan todas las pérdidas de carga con el gasto normal de extracción. A la elevación del almacenamiento mínimo se le resta la suma de todas las pérdidas, con lo que se obtiene la elevación del agua en el tanque de reposo.

La suma de todas las pérdidas de carga debe ser menor que la carga mínima (Elev. de embalse mínimo - Elev. de azolves).

Si la cota de la descarga es un dato conocido, entonces partiendo de ésta se calcula el nivel de embalse para el gasto normal de extracción y se compara con la elevación de embalse mínimo.

Veamos el procedimiento paso a paso:

1.- Pérdidas de carga por contacto con la rejilla.

La fórmula más aceptada es:

$$h_r = \beta \left(\frac{S}{B} \right) \operatorname{sen} \gamma \frac{V_o}{2g}$$

Donde: S es el grueso de las rejas.

B es la separación entre paños interiores de las mismas.

γ es el ángulo que forma el plano de las rejas con la horizontal.

V_o es la velocidad del agua antes de la reja.

β es un coeficiente que depende de la forma de la reja, y se determina así:

2.42 para rejas de sección rectangular, 1.83 si se redondean sus aristas,

1.63 si se adelgazan hacia el extremo final, 1.79 para rejas de sección circular.

Suele considerarse una velocidad baja de entrada: 0.60 m./seg.

2.- Pérdida de carga por cambio de dirección después de la rejilla.

$$h_d = c \sqrt{\frac{\Delta}{90}} \frac{V^2}{2g}$$

c = coeficiente con un valor de 0.25 generalmente.
= deflexión del cambio, en grados.
V = velocidad de entrada del flujo (0.60 m./s.)

3.- Pérdida de carga por entrada a la tubería.

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

K = 0.23 para entradas con aristas ligeramente redondeadas.
V = Q/A calculada con el area hidráulica de la tubería propuesta.

4.- Pérdida de carga por fricción.

Empleando la fórmula de Hazen - Williams se calcula la pérdida por unidad de longitud de tubería.

$$S = \left(\frac{V}{0.84918 c r^{0.63}} \right)^{1.85185}$$

r = radio hidráulico = d/4
c = 100 para tubería de acero

Una vez calculada la pérdida de carga por metro de tubería, se calcula la pérdida total por fricción multiplicando S por la longitud de tubería.

$$h_f = S L$$

5.- Pérdida de carga por válvulas.

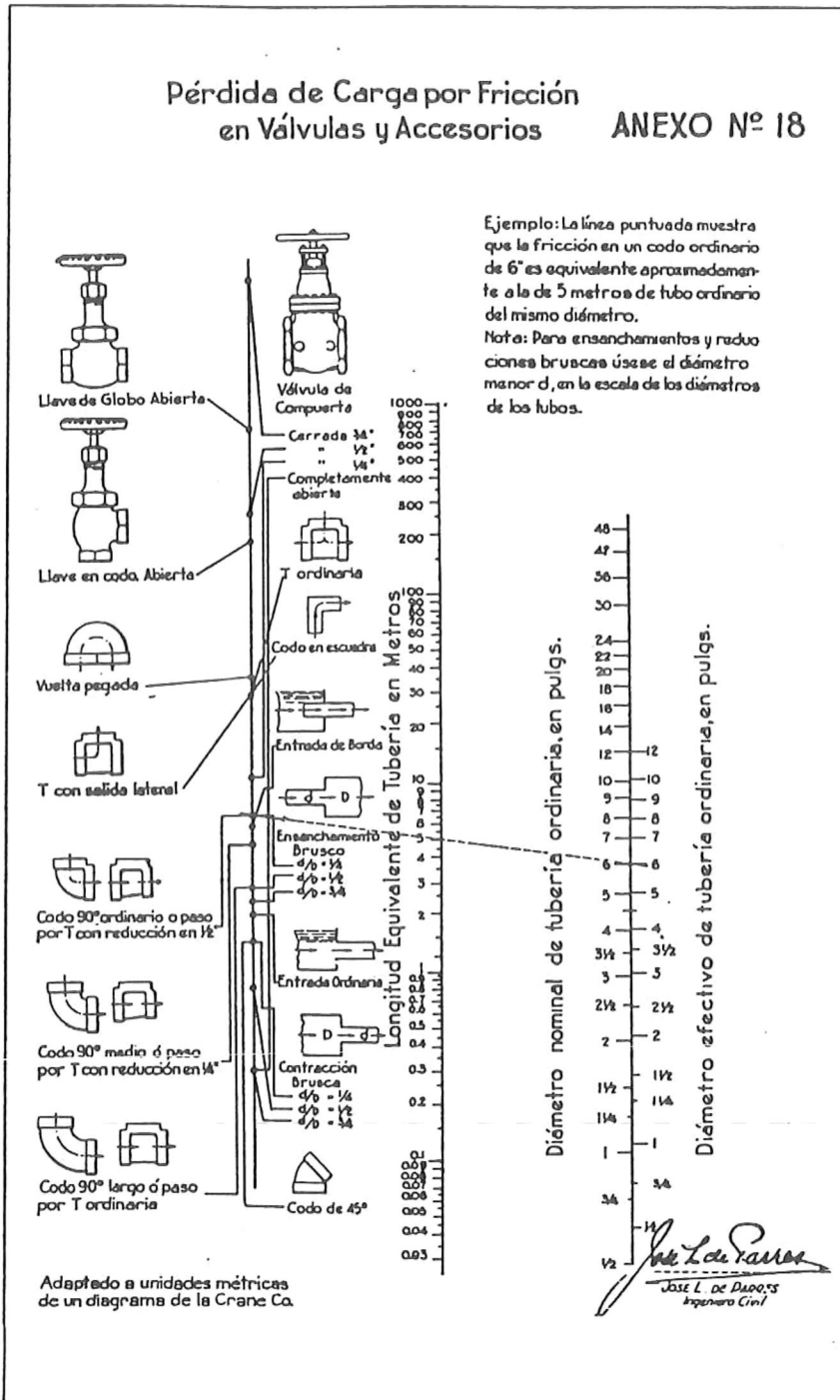
Se consulta en tablas la longitud equivalente para el tipo de válvula; para calcular la pérdida se multiplica ésta longitud equivalente por S (la pérdida unitaria por fricción) y por el número de válvulas.

$$h_v = (\# \text{ de valvs.}) S L$$

6.- Pérdida de carga por codos.

De igual manera, se busca en tablas la longitud equivalente de cada codo y se calcula la pérdida.

$$h_c = (\# \text{ de codos}) S L$$



7.- Pérdida de carga por salida o expansión brusca

Esta es la pérdida que se produce al salir el agua de la tubería y caer en el tanque amortiguador.

$$h_s = \frac{(V_1 - V_2)^2}{2g}$$

V_1 = velocidad del flujo en la tubería.

V_2 = velocidad del flujo en el tanque amortiguador = $Q / \text{Area de sección transversal}$.

Una vez que se han hecho estos cálculos, se suman todas las pérdidas de cargas, y se verifica que la suma sea menor que la carga mínima en la presa. De no ser así, debe proponerse otro diámetro de tubería y recalcular.

Se calcula entonces la elevación de la superficie del agua en el tanque amortiguador.

Elev. agua tanque amortiguador = Elev. embalse mínimo - pérdidas

En seguida se calcula la elevación del agua en el tanque de reposo, después de la pantalla, para determinar la elevación de la cresta del vertedor.

La pantalla es construida con el fin de reducir la energía del agua, para que pase con régimen tranquilo al tanque de reposo y pueda controlarse el gasto en el vertedor

La pantalla es una placa que consta de una serie de orificios iguales cuya suma de áreas es A_1 y está despegada del piso del tanque de reposo, formando un orificio de area A_2 ; los coeficientes C_1 y C_2 son los coeficientes de descarga para los orificios pequeños y para el orificio grande, los cuales se obtienen de la tabla en función de L = espesor del orificio y P = perímetro del orificio.

$\frac{L}{P}$	Condición de los bordes o aristas en la entrada.				
	Todos los bordes a escuadra.	Contracciones suprimidas en el fondo solamente.	Contracciones suprimidas en el fondo y en un costado	Contracciones suprimidas en el fondo y en los dos costados	Contracciones suprimidas en el fondo, los costados y la parte superior .
0.02	0.61	0.63	0.68	0.77	0.95
0.04	0.62	0.64	0.68	0.77	0.94
0.06	0.63	0.65	0.69	0.76	0.94
0.08	0.65	0.66	0.69	0.74	0.93
0.10	0.66	0.67	0.69	0.73	0.93
0.12	0.67	0.68	0.70	0.72	0.93
0.14	0.69	0.69	0.71	0.72	0.92
0.16	0.71	0.70	0.72	0.72	0.92
0.18	0.72	0.71	0.73	0.72	0.92
0.20	0.74	0.73	0.74	0.73	0.92
0.22	0.75	0.74	0.75	0.75	0.91
0.24	0.77	0.75	0.76	0.78	0.91
0.26	0.78	0.76	0.77	0.81	0.91
0.28	0.78	0.76	0.78	0.82	0.91
0.30	0.79	0.77	0.79	0.83	0.91
0.35	0.79	0.78	0.80	0.84	0.90
0.40	0.80	0.79	0.80	0.84	0.90
0.60	0.80	0.80	0.81	0.84	0.90
0.80	0.80	0.80	0.81	0.85	0.90
1.00	0.80	0.81	0.82	0.85	0.90

La **pérdida de carga por la pantalla** se calcula con la fórmula:

$$h_p = \frac{Q^2}{(C_1 A_1 + C_2 A_2) 2g}$$

Se calcula entonces la elevación del agua en el tanque de reposo.

Elev. agua tanque de reposo = Elev. agua tanque amortiguador - pérdida por pantalla.

Después se determina la **carga sobre el vertedor**, para el gasto normal, para lo cual se usa la fórmula para vertedores de pared delgada:

$$Q = 1.78 L H^{1.47} [1 + 0.56 (H/d)^2]$$

$d = P + H$; supóngase el valor de P .

L = longitud del vertedor.

Se resuelve esta fórmula por medio de tanteos, dándole valores a H hasta obtener el valor correcto de Q .

Entonces se calcula la elevación de la cresta vertedora:

Elev. cresta vertedora = Elev. agua tanque de reposo - H .

Y después se calcula la elevación en el piso del tanque de reposo:

Elev. piso tanque de reposo = Elev. cresta - P .

Empleando nuevamente la fórmula para vertedores de cresta delgada, se evalúa la carga hidráulica H para diversos gastos, y se elabora una tabla llamada **escala de gastos**, que relaciona la carga sobre el vertedor con el gasto para esa carga. Esta escala de gastos sirve para aforar el gasto de la obra de toma con solo medir el nivel del agua sobre la cresta vertedora.

Finalmente, se calcula el **gasto máximo** que pasa por la obra de toma. El procedimiento que se sigue es el de suponer una carga sobre el vertedor y calcular su gasto. Con ese gasto se calculan todas las pérdidas de carga existentes; si la suma de todas ellas es igual a la carga máxima (N.A.M.E. - Elevación de azolves) entonces ese será el gasto máximo. Se deben hacer varios tanteos.

CODIGO DEL PROGRAMA.

```

#include<stdio.h>
#include<conio.h>
#include<process.h>
#include<math.h>
#include<graphics.h>
void presa();
void vertedor();
void obtoma();

void main(){
float opcion;
opcion=7;
while(opcion!=4){
inicio:
clrscr();
printf("PARA SELECCIONAR UNA OPCION TECLEE EL NUMERO Y PRESIONE RETURN.");
printf("\n\n1.- Diseño estructural de una presa de gravedad, de concreto.");
printf("\n\n2.- Diseño hidr ulico de un vertedor de demasÑas con canal lateral.");
printf("\n\n3.- C lculo hidr ulico de obra de toma con tuberÑa trabajando a presiÑn.");
printf("\n\n4.- Salir del programa.");
printf("\n\n OpciÑn: ");
scanf("%f",&opcion);
if(opcion==1)presa();
else if(opcion==2)vertedor();
else if(opcion==3)obtoma();
else if(opcion==4)exit(0);
else{clrscr();
goto inicio;}
}}

void presa(){

char error;
int h,i,j,k,n,H,l,lasttest,prueba;
float b[120],bm[120],bs[120],pm[120],ps[120],a1,a2,a3,x1,x2,x3,Subp,xtest,MoSubp,
alt[10],ancho[10],Ev,brazEv,MoEv,altcapa,altpres,Ehor,Evert,Cos,yp,
brazEvert,MoEvert,Tan,restabm,brazEhor,MoEhor,A1,A2,A3,X1,X2,X3,
sumA,centX[120],PoPo[120],sumPoPo,brazX[120],MoPo[120],sumMoPo,sigmaMo,
sigmaFv,sigmaFh,resultX,e,fa,fb,Cort,Desl,Volteo,Palfa,cg,yg,sigmaMoSiPo,
sumneg,sumpos,kfloat,sumEhor,sumEvert,paux,Mu,S,compresion,tension,
MoSubp2,alfa,t,sumPalfa;

double Hd,c,subhip,hip,num,Ct,Kt,Et,Mt,hd,fc,cortante;

RESTART:
clrscr();
printf("Tecle la altura de cortina (mts.):");scanf("%lf",&Hd);
printf("Resistencia del concreto (kg./cm.2):");scanf("%lf",&fc);
printf("Coeficiente de fricciÑn:");scanf("%f",&Mu);
printf("Coeficiente de subpresiÑn:");scanf("%f",&S);
printf("Coeficiente sÑsmico (alfa):");scanf("%f",&alfa);
printf("PerÑodo sÑsmico (seg.):");scanf("%f",&t);
printf("Son correctos los datos? (S/N).");

error=getch();
if(error=='n' || error=='N')goto RESTART;

if(Hd>15) c=0.5*sqrt(Hd);
else c=0.15*Hd;
printf("\n\nEl ancho de corona es: %lf mts.",c);
printf("\n\nPresione cualquier tecla para continuar.");
getch();
clrscr();

b[0]=c;pm[1]=0;ps[1]=0;bm[0]=0;bs[0]=0;H=Hd;sumPoPo=0;
for(l=0;l<10;l++){ancho[l]=0;}
for(h=1;h<H+1;h++){

```

```

SystemCrash:
b[h]=b[h-1]+ps[h]+pm[h];
bm[h]=bm[h-1]+pm[h];
bs[h]=bs[h-1]+ps[h];
a1=(bm[h]+1)*0.333*h;
a2=(bm[h]+1)*0.667*0.5*h;
a3=(bs[h]+c-1)*0.333*0.5*h;
Subp=S*(a1+a2+a3);
x1=(bs[h]+c-1)+(bm[h]+1)*0.5;
x2=(bs[h]+c-1)+(bm[h]+1)*0.667;
x3=(bs[h]+c-1)*0.667;
xtest=(a1*x1+a2*x2+a3*x3)/Subp;
MoSubp=-1*(xtest*Subp);

kfloat=pm[h]*10;
k=kfloat;
alt[k]=h;
MoSubp2=MoSubp;
if(k==0){ancho[k]=0;ancho[k-1]=0;alt[k-1]=0;}
else{ancho[k]=ancho[k]+pm[h];
      if(pm[h]!=pm[h-1]){alt[k-1]=-1+alt[k-1];
                          ancho[k-1]=ancho[k-1]-pm[h-1];}
    }

Ev=alt[0]*alt[0]*0.5;
brazEv=h-0.667*alt[0];
MoEv=-1*Ev*brazEv;

MoEvert=0;restabm=0;MoEhor=0;sumEhor=0;sumEvert=0;
for(j=k;j>0;j--){
  altcapa=alt[j]-alt[j-1];
  prueba=(altcapa==0||ancho[j]==0);
  if(prueba==0){
    altpres=(0.5*altcapa)+alt[j-1];
    Ehor=altpres*ancho[j];
    sumEhor+=Ehor;
    Evert=altpres*altcapa;
    sumEvert+=Evert;
    subhip=altcapa*altcapa+ancho[j]*ancho[j];
    hip=sqrt(subhip);
    Cos=altcapa/hip;
    yp=altpres+(hip*hip*Cos*Cos/(12*altpres));
    brazEvert=h-yp;
    MoEvert=-brazEvert*Evert;
    Tan=ancho[j]/altcapa;
    restabm+=ancho[j];
    brazEhor=Tan*(0.5*altcapa)+b[h]-restabm;
    MoEhor+=brazEhor*Ehor;}
}

A1=b[h-1];
A2=ps[h]*0.5;
A3=pm[h]*0.5;
X2=0.667*ps[h];
X1=ps[h]+0.5*b[h-1];
X3=ps[h]+b[h-1]+0.333*pm[h];
sumA=A1+A2+A3;
centX[h]=(A1*X1+A2*X2+A3*X3)/sumA;
PoPo[h]=sumA*2.20;
sumPoPo+=PoPo[h];

brazX[h+1]=0;ps[h+1]=0;sumMoPo=0;
for(i=h+1;i>1;i--){
  brazX[i-1]=brazX[i]+ps[i];
  MoPo[i-1]=(brazX[i-1]+centX[i-1])*PoPo[i-1];
  sumMoPo+=MoPo[i-1];}

```

```

sigmaMoSiPo=0;sumPalfa=0;
for (n=h;n>0;n--){
    Palfa=alfa*PoPo[n];
    cg=0.333*( (b[n]+2*b[n-1]) / (b[n]+b[n-1]));
    yg=h-n+cg;
    sigmaMoSiPo=sigmaMoSiPo-Palfa*yg;
    sumPalfa+=Palfa;}

hd=h;
num=1-0.0775*0.0001*Hd*Hd/(t*t);
Ct=817/sqrt(num);
Kt=0.667*Ct*alfa*sqrt(Hd)*0.001;
Et=Kt*pow(hd,1.50);
Mt=-1*0.4*hd*Et;

sigmaMo=sumMoPo+MoEhor+MoEvert+MoEv+MoSubp2+sigmaMoSiPo+Mt;
sigmaFv=sumPoPo+sumEhor-Subp;
sigmaFh=Ev+sumEvert+sumPalfa+Et;
resultX=sigmaMo/sigmaFv;
e=(b[h]/2)-resultX;
fa=(sigmaFv/b[h])*(1-6*e/b[h]);
fb=(sigmaFv/b[h])*(1+6*e/b[h]);
Cort=sigmaFh/b[h];
Desl=Mu*sigmaFv/sigmaFh;
Volteo=(sumMoPo+MoEhor)/(-1*(MoEv+MoEvert+MoSubp2+sigmaMoSiPo+Mt));

cortante=0.29*sqrt(fc)*10;
tension=0.5*0.05*fc*10;
compresion=0.5*0.45*fc*10;

lasttest=(Volteo<1.45||Cort>cortante||fb>compresion||fa>compresion||(fa<0 && fa<-tension));
if(Cort>cortante){printf("FALLA AL CORTANTE. Aumentar resistencia del concreto.");
    printf("\nTeclee el nuevo valor de f'c (kg./cm.2):");
    scanf("%lf",&fc);
    clrscr();}

paux=ps[h];
if(lasttest==1){ps[h]=ps[h]+0.10;
    paux=paux+0.10;
    if(ps[h]>0.75){ps[h]=0.75;}
    if(paux>0.85){pm[h]=pm[h]+0.10;}
    if(pm[h]>0.90){printf("PARAMENTO MOJADO EXCEDE 90% DE PENDIENTE!.");
        printf("\nVerifique los datos de entrada. Debe haber un error.");
        getch();
        goto RESTART;}
    sumPoPo-=PoPo[h];
    goto SystemCrash;
}

printf(" PROFUNDIDAD DE LA SECCION EN ESTUDIO= %d m.",h);
printf("\n\n Pendiente paramento seco= %f.",ps[h]);
printf("\n Pendiente paramento mojado= %f.",pm[h]);
printf("\n Ancho de base= %f m.",b[h]);
printf("\n\n ANALISIS GRAVITACIONAL A %d m.",h);
printf("\n\n SubpresiÃn= %f Ton.",Subp);
printf("\n Distancia a la que actÃa la subpresiÃn a partir del pie= %f m.",xtest);
printf("\n Momento debido a la subpresiÃn= %f Ton.m.",MoSubp2);
printf("\n Peso propio= %f Ton.",sumPoPo);
printf("\n Momento debido al peso de la cortina= %f Ton.m.",sumMoPo);
printf("\n PresiÃn hidrost tica en paramento mojado sin pendiente= %f Ton.",Ev);
printf("\n Momento por pres. hidrost tica en la cara vertical del");
printf("\n paramento mojado= %f Ton.m.",MoEv);
if(pm[h]!=0){
    printf("\n Componente hor. pres. hidrost tica en paramento con pendiente= %f Ton.",Evert);
    printf("\n Momento por componente horizontal de pres. hidrost tica");
}

```

```

printf("\n en paramento mojado con pendiente= %f Ton.m ".MoEvert);
printf("\n Componente vert. pres. hidrost tica en paramento con pend = %f Ton.",Ehor);
printf("\n Momento por componente vertical de presiÃn hidrost tica");
printf("\n en paramento mojado con pendiente= %f Ton.m.",MoEhor);}
getch();
clrscr();
printf(" ANALISIS SISMICO A %d m.",h);
printf("\n\n Carga sÃsmica por peso de la cortina= %f Ton.",sumPalfa);
printf("\n Momento sÃsmico por peso propio= %f Ton.",sigmaMoSiPo);
printf("\n Empuje hidrost tico por efecto sÃsmico= %f Ton.",Et);
printf("\n Momento sÃsmico por empuje hidrost tico= %lf Ton.m.",Mt);
printf("\n\n RESUMEN DE ANALISIS DE EFECTO SISMICO + GRAVITACIONAL A %d m.",h);
printf("\n\n Sumatoria de Momentos= %f Ton.m.",sigmaMo);
printf("\n Sumatoria de Fuerzas Verticales= %f Ton.",sigmaFv);
printf("\n Sumatoria de Fuerzas Horizontales= %f Ton.",sigmaFh);
printf("\n Distancia de la Resultante con respecto al pie= %f m.",resultX);
printf("\n Excentricidad= %f m.",e);
printf("\n Esfuerzo actuante en el talon= %f Ton./m2.",fa);
printf("\n Esfuerzo actuante en el pie= %f Ton./m2.",fb);
printf("\n Esfuerzo cortante en la base= %f Ton./m2.",Cort);
printf("\n Coeficiente de deslizamiento= %f",Desl);
printf("\n Coeficiente de volteo= %f",Volteo);
printf("\n\n PRESIONE CUALQUIER TECLA PARA CONTINUAR.");
getch();
clrscr();
ps[h+1]=ps[h];
pm[h+1]=pm[h];
}

```

```

char msg[80];
int gdriver=DETECT, gmode,q,rest,tx[10],ty[10],Tx[10],Ty[10],N;
float esc,coordx,coorxy,height,width,talud[10],capa[10],Talud[10],Capa[10];

```

```

initgraph(&gdriver,&gmode,"g:lenguaje\\tc\\bgi\\");
cleardevice();
esc=(getmaxy()*0.80)/H;
moveto(getmaxx()*0.4,getmaxy()*0.1);
linere1(c*esc,0);
ps[0]=0;width=0;height=0;i=0;
for(h=1;h<H+1;h++){height+=1;
width+=ps[h];
if(ps[h]!=ps[h-1]){
i+=1;
rest=h-1;
coordx=(width-ps[h])*esc;
coorxy=height*esc;
if(coordx==0){coorxy=(height-1)*esc;}
linere1(coordx,coorxy);
talud[i]=ps[h-1];
capa[i]=coorxy/esc;
tx[i]=getx();
ty[i]=gety();
width=ps[h];
height=0;}
}
coordx=width*esc;
coorxy=(H-rest)*esc;
linere1(coordx,coorxy);
talud[i+1]=ps[h];
capa[i+1]=H-rest;
tx[i+1]=getx();
ty[i+1]=gety();
n=i+2;
linere1(-b[H]*esc,0);
moveto(getmaxx()*0.40,getmaxy()*0.1);
i=0;

```

```

for(q=0;q<k+1;q++){coordx=-ancno[q]*esc;
    coordy=(alt[q]-alt[q-1])*esc;
    if(q==0){coordy=alt[q]*esc;}
    if(coordy!=0){i+=1;
        linerel(coordx,coordy);
        Tx[i]=getx();
        Ty[i]=gety();
        Talud[i]=double(q)/10;
        Capa[i]=coordy/esc;}
    }
N=i+1;
settextstyle(2,0,0);
setusercharsize(1,1,4,5);
settextjustify(0,0);
for(i=1;i<n;i++){if(capa[i]!=0){
    sprintf(msg,"%4.2f:1%3.0fm.",talud[i],capa[i]);
    outtextxy(tx[i]+10,ty[i],msg);}}
sprintf(msg,"%4.2f m.",C);
outtextxy(getmaxx()*0.40,getmaxy()*0.09,msg);
sprintf(msg,"%5.2f m.",b[H]);
outtextxy(getmaxx()*0.40+(b[H]/4)*esc,ty[n-1]-5,msg);
settextjustify(2,0);
for(i=1;i<N;i++){sprintf(msg,"%4.2f:1%3.0fm.",Talud[i],Capa[i]);
    outtextxy(Tx[i]-10,Ty[i],msg);}
settextstyle(1,1,0);
settextjustify(0,0);
setusercharsize(2,2,2,4);
sprintf(msg,"altura: %d m.",H);
outtextxy(getmaxx()*0.10,getmaxy()*0.70,msg);
getch();
closegraph();
}

```

```
void vertedor(){
```

```

char error;
int j,cont;
float B,Qreg,Long,C,NAMO,R,Yc,Xc,Elev[250],q,d1,a,z,d12,P,L,num1,num2,num3,
n,k,A,T,y1,V,hv,Y,D,num4,PA,predx,lcd,Num,B1,ZZ,comparison;
double preH,H,prexpt,XPT,x[250],y[250],preV1,V1,pred2,d2,predn,dn,prea,
num5;

```

Again:

```

clrscr();
printf("Gasto regularizado:");scanf("%f",&Qreg);
printf("Longitud vertedor:");scanf("%f",&Long);
printf("Coeficiente de descarga:");scanf("%f",&C);
printf("N.A.M.O.:");scanf("%f",&NAMO);
printf("Longitud canal de descarga:");scanf("%f",&lcd);
printf("Valor de la constante hidr ulica (n):");scanf("%f",&n);
printf("Son correctos los datos? (S/N):");
error=getch();
if(error=='n'||error=='N') goto Again;

```

```

preH=Qreg/(C*Long);
H=pow(preH,0.666);
q=Qreg/Long;

```

```
char recalcul;
```

Repeat1:

```

printf("\n\nAncho de plantilla de canales (mts.):");scanf("%f",&B);
printf("Pendiente del talud de los canales (en decimales):");scanf("%f",&k);
D=0.10;comparison=0.005;
do{oncemore:
    A=B*D+k*D*D;

```

```

T=B-2*k*D;
y1=A/(2*T);
V=Qreg/A;
hv=V*V/19.62;
Y=(n+1)/n*hv;
num4=y1-Y;
D+=0.005;
cont+=1;
if(cont>15000){D=0.10;
                comparison=comparison*7.5;
                cont=0;
                goto oncemore;}
}while(fabs(num4)>comparison);

printf("\nCARGA HIDRAULICA (H): %lfm.",H);

printf("\n\nCARACTERITICAS SECCION TRANSVERSAL DEL CANAL COLECTOR:");
printf("\nPlantilla (B)= %5.2fm., Tirante (D)= %5.2fm., Velocidad= %5.2fm./seg.",B,D,V);
printf("\n\nDesea recalcular el canal colector con diferente ancho y/o talud? (S/N):");
recalc=getch();
if(recalc=='s' || recalc=='S') goto Repeat1;
clrscr();

num5=2*n;
prea=(19.62*n*(A/(2*T)))/((n+1)*pow(double(Long),num5));
a=sqrt(prea);
PA=NAMO+0.666*H;
int xi;
float xn[250],Vx[250],qx[250],Ax[250],dx[250],hvx[250],y2[250],fx[250],SLA[250],
      plant[250],rest,sumrest,pend;
printf("CARACTERISTICAS A LO LARGO DEL CANAL COLECTOR.");
printf("\nElevaci3n del plano horizontal auxiliar= %f m.",PA);
printf("\nDIST. Xn Vx qx Ax dx hvx y fx SLA plant.");
sumrest=0;xi=1;
while(xi<=int(Long)){
    printf("\n %d",xi);
    xn[xi]=pow(double(xi),n);
    printf(" %5.2lf",xn[xi]);
    Vx[xi]=a*xn[xi];
    printf(" %5.2f",Vx[xi]);
    qx[xi]=q*xi;
    printf(" %5.2f",qx[xi]);
    Ax[xi]=qx[xi]/Vx[xi];
    printf(" %5.2f",Ax[xi]);
    predx=B*B+2*Ax[xi];
    dx[xi]=-B+sqrt(predx);
    printf(" %5.2lf",dx[xi]);
    hvx[xi]=Vx[xi]*Vx[xi]/19.62;
    printf(" %5.2f",hvx[xi]);
    y2[xi]=(n+1)/n*hvx[xi];
    printf(" %5.2f",y2[xi]);
    fx[xi]=y2[xi]+dx[xi];
    printf(" %5.2f",fx[xi]);
    SLA[xi]=PA-y2[xi];
    printf(" %5.2f",SLA[xi]);
    plant[xi]=SLA[xi]-fx[xi]+y2[xi];
    printf(" %5.2f",plant[xi]);
    if(xi>0.5*Long&&xi<=int(Long)){rest=plant[xi-1]-plant[xi];
        sumrest+=rest;}
    if((xi%22)==0){getch();
        clrscr();
        printf("\nDIST. Xn Vx qx Ax dx hvx y fx SLA plant.");}
    xi+=1;
}

pend=sumrest/(0.5*Long);
printf("\n\nPendiente media en canal colector= %f",pend);
getch();
clrscr();

char msg[80];
float esc;
int gdriver=DETECT,gmode,i;

initgraph(&gdriver,&gmode,"g:lenguaje\\tc\\bgi\\");
cleardevice();
esc=getmaxx()*0.90/Long;

```

```

setlinestyle(1,1,1);
settextstyle(2,0,0);
moveto(getmaxx()*0.05,getmaxy()*0.55+y2[1]*esc);
for(i=2;i<int(Long)+1;i++){linereel(esc,(y2[i]-y2[i-1])*esc);}
moveto(getmaxx()*0.05,getmaxy()*0.55+y2[1]*esc-12);
outtext("S.L.A ");
setlinestyle(0,1,1);
moveto(getmaxx()*0.05,getmaxy()*0.55+fx[1]*esc);
for(i=2;i<int(Long)+1;i++){linereel(esc,(fx[i]-fx[i-1])*esc);}
moveto(getmaxx()*0.05,getmaxy()*0.55+fx[1]*esc-12);
outtext("plantilla");
esc=getmaxx()*0.80/Long;
moveto(getmaxx()*0.5,getmaxy()*0.9);
settextjustify(1,0);
outtext("PERFIL DEL CANAL COLECTOR SEGUN RESULTADOS DEL METODO HINDS.");
settextstyle(2,1,0);
settextjustify(2,0);
moveto(getmaxx()*0.02,getmaxy()*0.4);
outtext("DIST. PLANT. SLA. VEL.");
moveto(getmaxx()*0.05,getmaxy()*0.4);
sprintf(msg,"%d m. %5.2f %5.2f %5.2f",1,plant[1],SLA[1],Vx[1]);
outtext(msg);
for(i=2;i<int(Long);i++){if((i%5)==0){
    sprintf(msg,"%d m. %5.2f %5.2f %5.2f",i,plant[i],SLA[i],Vx[i]);
    outtextxy(getmaxx()*0.05+i*esc,getmaxy()*0.4,msg);}}
if(i<int(Long)+2){sprintf(msg,"%d m. %5.2f %5.2f %5.2f",int(Long),plant[int(Long)],SLA[int(Long)],Vx[int(Long)]);
    outtextxy(getmaxx()*0.05+(i-1)*esc,getmaxy()*0.4,msg);}

getch();
cleardevice();
closegraph();

float I;
R=0.4*H; Yc=0.12*H; Xc=0.283*H;
prexpt=(1/(k*0.925))*pow(H,0.85);
XPT=pow(prexpt,1.175);
printf("COORDENADAS DEL CIMACIO.");
printf("\nCoordenada en X del punto de tangencia: %lf",XPT);
printf("\n\n COORD. X COORD. Y ELEVACION ");
j=0; I=0;
while(I<=XPT){
    x[j]=I;
    label2:
    y[j]=0.5*pow(x[j],1.85)/(pow(H,0.85));
    Elev[j]=NAMO-y[j];
    printf(" \n %lf %lf %f ",x[j],y[j],Elev[j]);
    j+=1;
    if((j%20)==0){getch();
        clrscr();
        printf("\n COORD. X COORD. Y ELEVACION ");}
    I+=0.10;
    num3=XPT-I;
    if(fabs(num3)<0.10){x[j]=XPT;
        goto label2;}
}
getch();
clrscr();

int coordx,coordy,ptx,pty;

initgraph(&gdriver,&gmode,"g:lenguaje\\tc\\bgi\\");
cleardevice();
esc=getmaxy()*0.60/y[j-1];
moveto(getmaxx()*0.25,getmaxy()*0.25);
for(i=1;i<j;i++){linereel((x[i]-x[i-1])*esc,(y[i]-y[i-1])*esc);}
ptx=getx();
pty=gety();

```

```

moveto(getmaxx()*0.25,getmaxy()*0.25);
arc(getmaxx()*0.25,getmaxy()*0.25+R*esc,89,134,R*esc);
coordx=getmaxx()*0.25-Xc*esc;
coordy=getmaxy()*0.25+Yc*esc;
moveto(coordx,coordy);
lineto(coordx,getmaxy()*0.25+y[j-1]*esc);
moveto(getmaxx()*0.25,getmaxy()*0.25);
setlinestyle(1,1,1);
lineto(getmaxx()*0.25,getmaxy()*0.25+R*esc);
lineto(coordx,coordy);
moveto(coordx+5,coordy+5);
sprintf(msg,"R= %4.2f m.",R);
outtext(msg);
settextjustify(2,1);
moveto(getmaxx()*0.25,getmaxy()*0.25-10);
outtext("(0,0)");
moveto(coordx-10,coordy);
sprintf(msg,"%4.2f,%4.2f",Xc,Yc);
outtext(msg);
settextjustify(0,1);
moveto(getmaxx()*0.25+20,getmaxy()*0.25-10);
sprintf(msg,"Elev. cresta= %6.2f m.",NAMO);
outtext(msg);
moveto(ptx+10,pty);
sprintf(msg,"P.T.= (%5.21f,%5.21f)",x[j-1],y[j-1]);
outtext(msg);
moveto(ptx+10,pty+10);
sprintf(msg,"Elev.P.T.= %6.2f m.",Elev[j-1]);
outtext(msg);
moveto(ptx+10,pty+20);
sprintf(msg,"pendiente= %4.2f:1.00",k);
outtext(msg);
moveto(getmaxx()*0.5,getmaxy()*0.125);
settextjustify(1,1);
outtext("PERFIL DEL CIMACIO DE LA CRESTA VERTEDORA");
getch();
cleardevice();
closegraph();

```

```

float L1,L2,elev,yy,L11,numL,res;
double prexx,xx,XX;

```

```

L1=1.5*B;
LabelL:
L2=Long-L1;
elev=plant[xi-1]+L2*pend;
yy=NAMO-elev;
if(yy>y[j-1]){res=yy-y[j-1];
                yy=y[j-1];
                prexx=2*yy*pow(H,0.85);
                xx=pow(prexx,0.540541);
                xx=xx+res*k;}
else{prexx=2*yy*pow(H,0.85);
      xx=pow(prexx,0.540541);}
L11=1.570796*xx+B+0.5*yy;
numL=L11-L1;
if(fabs(numL)>0.01){L1=L11;
                    goto LabelL;}

if((NAMO-plant[xi-1])>y[j-1]){res=NAMO-plant[xi-1]-y[j-1];
                            yy=y[j-1];
                            prexx=2*yy*pow(H,0.85);
                            XX=pow(prexx,0.540541);
                            XX=XX+res*k;}
else{prexx=2*yy*pow(H,0.85);
      XX=pow(prexx,0.540541);}

```

```

printf("DATOS DEL TRAMO DE CRESTA CURVA.");
printf("\nLongitud del tramo de cresta curva= %f m.",L1);
printf("\nLongitud del tramo de cresta recto= %f m.",L2);
printf("\nElevaci3n al principio de la plantilla del canal= %fm.",elev);
printf("\nRadic de la curva en la cresta= %lfm.",XX);

int L17;
float z1,z2,NAMO,ER1,ER2,SR;
double zg1,zg2,delta1,delta2;

L17=L1;
NAME=NAMO+H;
z1=NAME-SLA[L17];
zg1=19.62*z1;
delta1=(q/(9.81*dx[L17]))*sqrt(zg1);
ER1=elev+dx[L17]+(delta1/2)+1;
z2=NAME-SLA[xi-1];
zg2=19.62*z2;
delta2=(q/(9.81*dx[xi-1]))*sqrt(zg2);
ER2=plant[xi-1]+dx[xi-1]+(delta2/2)+1;
SR=(ER1-ER2)/L2;

printf("\n\nDATOS DEL REVESTIMIENTO DEL CANAL COLECTOR.");
printf("\nElevaci3n del revestimiento al inicio del colector= %fm.",ER1);
printf("\nElevaci3n del revestimiento al final del colector= %fm.",ER2);
printf("\nPendiente del revestimiento= %f",SR);
getch();

int coord2x,coord2y;

initgraph(&gdriver,&gmode,"g:lenguaje\\tc\\bgi\\");
cleardevice();
esc=getmaxx()*0.70/Long;
settextjustify(0,0);
settextstyle(2,0,0);
moveto(getmaxx()*0.25,getmaxy()*0.30);
linereel(L2*esc,0);
moveto(getmaxx()*0.25,getmaxy()*0.30);
linereel(0,B*esc);
linereel(L2*esc,0);
moveto(getmaxx()*0.25,getmaxy()*0.30);
linereel(-xx*esc,-(ER1-elev)*k*esc);
coordx=getx();
coordy=gety();
lineto(getmaxx()*0.25+L2*esc,getmaxy()*0.30-(ER2-plant[xi-1])*k*esc);
moverel(10,-10);
sprintf(msg,"ERF=%7.2fm.",ER2);
outtext(msg);
moveto(getmaxx()*0.25+L2*esc+10,getmaxy()*0.30-((ER2-plant[xi-1])/2)*k*esc);
sprintf(msg,"ATF=%5.2fm.",(ER2-plant[xi-1])*k);
outtext(msg);
moveto(getmaxx()*0.25+L2*esc+10,getmaxy()*0.30+B*esc+(XX/2)*esc);
sprintf(msg,"ACF=%5.2lfm.",XX);
outtext(msg);
moveto(coordx,coordy-10);
sprintf(msg,"ERI=%7.2fm.",ER1);
outtext(msg);
moveto(getmaxx()*0.25+10,getmaxy()*0.30-((ER1-elev)/2)*k*esc);
sprintf(msg,"ATI=%5.2fm.",(ER1-elev)*k);
outtext(msg);
moveto(getmaxx()*0.10,getmaxy()*0.80);
outtext("ERI,ERF= Elevaci3n del revestimiento al inicio y al final del canal.");
moveto(getmaxx()*0.10,getmaxy()*0.80+8);
outtext("ATI,ATF= Ancho de talud revestido al inicio y al final del canal.");
moveto(getmaxx()*0.10,getmaxy()*0.80+16);

```

```

outtext("ACF= Ancho de la cresta al final del canal.");
moveto(getmaxx()*0.10,getmaxy()*0.80+24);
outtext("R= Radio de la curva en la cresta, a partir de la plantilla.");
moveto(getmaxx()*0.10,getmaxy()*0.80+32);
outtext("EPI,EPF= Elevaci3n de plantilla al inicio y al final del canal.");
moveto(getmaxx()*0.10,getmaxy()*0.80+40);
outtext("LC,LR= Longitud del tramo de cresta curva y del tramo recto.");
moveto(getmaxx()*0.5,getmaxy()*0.075);
settextjustify(1,0);
outtext("PROYECTO DEL CANAL COLECTOR VISTO EN PLANTA.");
moveto(coordx,coordy);
linerel(0,(ER1-elev)*k*esc+B*esc);
coord2x=getx();
coord2y=gety();
arc(getmaxx()*0.25,getmaxy()*0.30+B*esc,179,269,xx*esc);
line(getmaxx()*0.25,getmaxy()*0.30+B*esc+xx*esc,getmaxx()*0.25+L2*esc,getmaxy()*0.30+B*esc+XX*esc);
setlinestyle(1,1,1);
moveto(coord2x,coord2y);
linerel(xx*esc,0);
linerel(0,xx*esc);
settextjustify(0,0);
moveto(getmaxx()*0.40,coord2y+xx*esc+30);
sprintf(msg,"LR=%6.2f m.",L2);
outtext(msg);
moveto(getmaxx()*0.40,coord2y+xx*esc+40);
sprintf(msg,"plantilla=%5.2fm.",B);
outtext(msg);
moveto(getmaxx()*0.40,coord2y+xx*esc+50);
sprintf(msg,"pendiente=%5.3f",pend);
outtext(msg);
moveto(getmaxx()*0.25-xx*esc-10,getmaxy()*0.30+B*esc+(xx/2)*esc);
settextjustify(2,0);
sprintf(msg,"R=%5.21fm.",xx);
outtext(msg);
moveto(getmaxx()*0.25-xx*esc-10,getmaxy()*0.30+(B/2)*esc);
sprintf(msg,"LC=%6.2fm.",L1);
outtext(msg);
settextstyle(2,1,0);
settextjustify(2,2);
moveto(getmaxx()*0.25,getmaxy()*0.30+B*esc+xx*esc+10);
sprintf(msg,"EPI=%6.2fm.",plant[L17]);
outtext(msg);
moveto(getmaxx()*0.25+L2*esc,getmaxy()*0.30+B*esc+XX*esc+10);
sprintf(msg,"EPF=%6.2fm.",plant[xi-1]);
outtext(msg);
getch();
cleardevice();
closegraph();

```

```

int count;
float control,dc,AH,Tc,Acub,contra,comp,fix;

```

```

control=Qreg*Qreg/9.81;
dc=0.005;fix=5;
count=1;
comp=777+fix;
while(fabs(comp)>fix)
{
unamas;
AH=B*dc+k*dc*dc;
Tc=B+2*k*dc;
Acub=AH*AH*AH;
contra=Acub/Tc;
comp=control-contra;
dc+=0.005;
count+=1;
if(count>15000){dc=0.005;

```

```
fix=fix*7.50;
count=0;
goto unamas;}
```

```
printf("\n\nSECCION DE CONTROL.");
printf("\nTirante crÀtico= %fm.",dc);
```

```
float rug,Vc,raizSc,Sc;
double prePH,PH,Rh,Rh23;
```

```
rug=0.015;
Vc=Qreg/(B*dc+k*dc*dc);
prePH=1+k*k;
PH=B+2*dc*sqrt(prePH);
Rh=AH/PH;
Rh23=pow(Rh,0.666);
raizSc=Vc*rug/Rh23;
Sc=raizSc*raizSc;
printf("\nPendiente crÀtica= %f",Sc);
```

```
float hVc,Delta,plantSC;
```

```
hVc=Vc*Vc/19.62;
Delta=dx[xi-1]+hvx[xi-1]-dc-hVc;
printf("\ndelta= %f",Delta);
plantSC=plant[xi-1]+Delta;
printf("\nPlantilla secciÃn de control = %f ",plantSC);
printf("\n\nNÈmero de veces que se incrementar pendiente crÀtica en canal descarga:");scanf("%f",&Num);
clrscr();
```

```
int est,kontador;
float S,dd,AA, Vsec,RRhh,DELTA,suma1,dd2,AA2,Vsec2,Vmed,hv2,RRhh2,
hf,suma2,cond,komparador;
double prePP,PP,PP2,Rhmed,PREhf;
```

```
printf("CARACTERISTICAS HIDRAULICAS DEL CANAL DE DESCARGA.");
```

```
dd=dc;S=Num*Sc;est=Long;
```

```
for(cont=0;cont<=int(lcd);cont+=1){
```

```
AA=B*dd+k*dd*dd;
Vsec=Qreg/AA;
hv=Vsec*Vsec/19.62;
prePP=1+k*k;
PP=B+2*dd*sqrt(prePP);
RRhh=AA/PP;
DELTA=S;
suma1=DELTA+dd+hv;
dd2=dd-0.01;
if(cont<1){printf("\nEstaciÃn: %d Tirante: %f",est,dd);}
else{
do{
AA2=B*dd2+k*dd2*dd2;
Vsec2=Qreg/AA2;
Vmed=(Vsec2+Vsec)/2;
hv2=Vsec2*Vsec2/19.62;
PP2=B+2*dd2*sqrt(prePP);
RRhh2=AA2/PP2;
Rhmed=(RRhh+RRhh2)/2;
PREhf=Vmed*rug/(pow(Rhmed,0.666));
hf=PREhf*PREhf;
suma2=dd2+hv2+hf;
cond=suma1-suma2;
if(fabs(cond)>0.01)dd2=dd2-0.01;
} while(fabs(cond)>0.025);
```

```
est=Long+cont;
```

```
printf("\nEstaciÃn: %d Tirante: %f Velocidad: %f",est,dd2,Vsec2);
```

```
if((cont%22)==0){getch();
```

```

dd=dd1;
}

char recalcul2;
float DC, VC, gasto, HVCrit, Del, Pe, Ele, HVuno, LRF, VF;
double exam, PreDe2, De2, PreDen, Den, preLRampa, LRampa;

Repeat2:
printf("\n\nAncho de Plantilla del tanque amortiguador:");scanf("%f",&B1);
printf("Profundidad de cañada en tanque amortiguador:");scanf("%f",&ZZ);
DC=dd2;
gasto=Qreg;
HVCrit=hv2;
De1=DC;exam=10;komparador=0.05;kontador=0;
while(fabs(exam)>komparador){
    vadenez:
    kontador+=1;
    V1=gasto/(B1*De1);
    HVuno=V1*V1/19.62;
    exam=ZZ+DC+HVCrit-Del-HVuno;
    Del-=0.005;
    if(kontador>12500){Del=DC;
        kontador=0;
        komparador=komparador*1.5;
        goto vadenez;}}
if(Del<0){printf("\nNo se obtienen resultados satisfactorios. Proponga otros valores.");
    goto Repeat2;}
PreDe2=(De1*De1/4)+(2*V1*V1*De1/9.81);
De2=-De1/2+sqrt(PreDe2);
PreDen=gasto*gasto/(9.81*B1*B1);
Den=pow(PreDen,0.333);
Pe=De2-Den;
Ele=5*(De2-Del);
preLRampa=2*ZZ*pow(double(dd2),0.85);
LRampa=pow(preLRampa,0.540541);
LRF=1.20*LRampa;
VF=Qreg/(B1*De2);
printf("\nDATOS DEL TANQUE AMORTIGUADOR.");
printf("\nCarga hidr ulica= %fm.",dd2);
printf("\nAltura de cañada= %fm.",ZZ);
printf("\nLongitud de la rampa= %fm.",LRF);
printf("\nLongitud del tanque amortiguador (sin dientes)= %fm.",Ele);
printf("\nConjugado menor= %fm.      Conjugado mayor= %lfm.",De1,De2);
printf("\nTirante normal= %lfm.      P= %fm.",Den,Pe);
printf("\nVel. en el tirante conjugado mayor= %fm./s.",VF);
printf("\n\nDesea recalcular el tanque amortiguador? (S/N):");
recalcul2=getch();
if(recalcul2=='s' || recalcul2=='S') goto Repeat2;

initgraph(&gdriver,&gmode,"g:lenguaje\\tc\\bgi\\");
cleardevice();
esc=(getmaxx()*0.85)/(lcd+LRF+Ele);
moveto(getmaxx()*0.075,getmaxy()*0.60);
linere1(lcd*esc,lcd*S*esc);
linere1(LRF*esc,ZZ*esc);
linere1(Ele*esc,0);
linere1(0,-Pe*esc);
    linere1(45,0);
coord2x=getx();
coord2y=gety();
setlinestyle(1,1,1);
moveto(getmaxx()*0.075,getmaxy()*0.60-dc*esc);
lineto(getmaxx()*0.075+lcd*esc,getmaxy()*0.60+lcd*S*esc-dd2*esc);
linere1(LRF*esc,(ZZ+dd2-Del)*esc);
coordx=getx();

```

```

coordx=getx();
arc(coordx+(De2-De1)*esc, coordy, 89, 179, (De2-De1)*esc);
line(coordx+(De2-De1)*esc, coordy-(De2-De1)*esc, coord2x, coordy-(De2-De1)*esc);
settextstyle(2,0,0);
moveto(getmaxx()*0.075+lcd*0.4*esc, getmaxy()*0.60+0.1*lcd*S*esc);
sprintf(msg, "%6.2fm.", lcd);
outtext(msg);
moveto(coordx+Ele*0.4*esc, coordy+15);
sprintf(msg, "%5.2fm.", Ele);
outtext(msg);
settextjustify(1,0);
moveto(getmaxx()*0.5, getmaxy()*0.10);
outtext("PERFIL DEL CANAL DE DESCARGA Y TANQUE AMORTIGUADOR.");
settextstyle(2,1,0);
settextjustify(2,2);
moveto(getmaxx()*0.075, getmaxy()*0.60+10);
sprintf(msg, "Elev. %6.2fm.", plantSC);
outtext(msg);
moveto(getmaxx()*0.075+lcd*esc, getmaxy()*0.60+lcd*S*esc+10);
sprintf(msg, "Elev. %6.2fm.", plantSC-lcd*S);
outtext(msg);
moveto(coordx, coordy+10);
sprintf(msg, "Elev. %6.2fm.", plantSC-lcd*S-ZZ);
outtext(msg);
moveto(coord2x-35, coordy-Pe*esc+10);
sprintf(msg, "Elev. %6.2fm.", plantSC-lcd*S-ZZ+Pe);
outtext(msg);
settextjustify(2,0);
moveto(getmaxx()*0.075, getmaxy()*0.60-dc*esc-10);
sprintf(msg, "Tirante: %5.2fm. Vel. %5.2fm./s.", dc, Vc);
outtext(msg);
moveto(getmaxx()*0.075+lcd*esc, getmaxy()*0.60+lcd*S*esc-dd2*esc-10);
sprintf(msg, "Tirante: %5.2fm. Vel. %5.2fm./s.", dd2, Vsec2);
outtext(msg);
moveto(coordx, coordy-20);
sprintf(msg, "d1= %5.2fm. Vel. %5.2fm./s.", De1, V1);
outtext(msg);
moveto(coordx+(De2-De1)*esc, coordy-(De2-De1)*esc-10);
sprintf(msg, "d2= %5.2fm. Vel. %5.2fm./s.", De2, VF);
outtext(msg);
moveto(coord2x-35, coordy-(De2-De1)*esc-10);
sprintf(msg, "dn= %5.2fm.", Den);
outtext(msg);
getch();
cleardevice();
closegraph();
}

```

```
void obtoma(){
```

```

char error;
int nv,nc;
float eem,ea,Qn,L,Cmin,A,diam,V,hr,K,he,c,hv,lev,hc,lec,hta,
      V1,hs,sigmah,eta,LV,NAME;
double Rh,preh,preh1,hf;

```

```
START:
```

```

clrscr();
printf("Elevaci3n de embalse m3nimo:");scanf("%f",&eem);
printf("Elevaci3n de embalse m ximo (NAME):");scanf("%f",&NAME);
printf("Elevaci3n de azolves:");scanf("%f",&ea);
printf("Gasto normal de toma (m.3/seg.):");scanf("%f",&Qn);
printf("Di metro de tuber3a con el que desea calcular (m.):");scanf("%f",&diam);
printf("Longitud de tuber3a (m.):");scanf("%f",&L);
printf("Prdida de carga por rejillas (m.):");scanf("%f",&hr);
printf("No. de v lvulas:");scanf("%d",&nv);

```

```

printf("Long. equivalente por c/v lvula (en mts.):");scanf("%f",&lev);
printf("Nc. de codos:");scanf("%d",&nc);
printf("Long. equivalente por c/codo (en mts.):");scanf("%f",&lec);
printf("Ancho del tanque de reposo (longitud del vertedor):");scanf("%f",&LV);
printf("Altura de la secciÃn transversal del tanque amortiguador:");scanf("%f",&hta);
printf("Son correctos los datos? (S/N):");
error=getch();
if(error=='n' || error=='N') goto START;

```

```

Cmin=eem-ea;
A=(3.141593*diam*diam)/4;
V=Qn/A;
Rh=diam/4;
K=0.23;
he=(K*V*V)/19.62;
c=100;
preh=V/(0.84918*c*pow(Rh,0.63));
prehl=pow(preh,1.85185);
hf=L*prehl;
hv=nv*lev*prehl;
hc=nc*lec*prehl;
Vl=Qn/(LV*hta);
hs=(V-Vl)*(V-Vl)/19.62;
sigmah=hr+he+hf+hv+hc+hs;
if(sigmah>=Cmin){printf("\n\nPerdidas por fricciÃn mayores a la carga mÃnima.");
printf("\nIntente con otro di metro de tuberÃa.");
printf("\nPresione cualquier tecla para continuar.");
getch();
goto START;}

```

```
eta=eem-sigmah;
```

```

char error2;
int no;
float ao,C1,A2,C2,A1,prehp,hp;
RE:
printf("\n\nTeclee datos de la pantalla.");
printf("\nNumero de orificios:");scanf("%d",&no);
printf("Area de cada orificio (m.2):");scanf("%f",&ao);
printf("Coeficiente C1 de orificios:");scanf("%f",&C1);
printf("Area de abertura inferior (m.2):");scanf("%f",&A2);
printf("Coeficiente C2 de abertura inferior:");scanf("%f",&C2);
printf("Son correctos los datos? (S/N):");
error2=getch();
if(error2=='n' || error2=='N') goto RE;
clrscr();
A1=no*ao;
prehp=C1*A1+C2*A2;
hp=Qn*Qn/(prehp*prehp*19.62);
if((sigmah+hp)>=Cmin){printf("\n\nPrdidas por fricciÃn mayores a la carga mÃnima.");
printf("\nIntente con otro di metro de tuberÃa.");
printf("\nPresione cualquier tecla para continuar.");
getch();
goto START;}

```

```
float etr;
etr=eta-hp;
```

```

float P,ecv,test,d,pre,Q,corchet;
double H,H147;
P=0.6*hta;
test=100;H=0.0001;
while(fabs(test)>0.01){H147=pow(H,1.47);
d=P+H;
pre=H/d;
corchet=1+0.56*pre*pre;
Q=1.78*LV*H147*corchet;

```

```

test=Qn-L;
H+=0.0001;

ecv=etr-H;
printf("\n\nSuma de pñidas de carga: %f m.",sigmah);
printf("\nElevaci3n de agua en el tanque amortiguador: %f m.",eta);
printf("\nPrdida de carga por pantalla: %f m.",np);
printf("\nElevaci3n del agua en el tanque de reposo: %f m.",etr);
printf("\nElevaci3n de la cresta vertedora: %f m.",ecv);
printf("\nElevaci3n del piso del tanque de reposo: %f m.",ecv-P);
printf("\nCarga sobre el vertedor para gasto normal: %lf m.",H);

```

```

float Qmax,vernier;
double H2;
H2=H+0.005;
vernier=1;
while(vernier>0.01){H147=pow(H2,1.47);
d=P+H2;
pre=H2/d;
corchet=1+0.56*pre*pre;
Qmax=1.78*LV*H147*corchet;
V=Qmax/A;
he=(K*V*V)/19.62;
preh=V/(0.84918*c*pow(Rh,0.63));
preh1=pow(preh,1.85185);
hf=L*preh1;
hv=nv*lev*preh1;
hc=nc*lec*preh1;
V1=Qn/(LV*hta);
hs=(V-V1)*(V-V1)/19.62;
sigmah=hr+he+hf+hv+hc+hs;
hp=Qn*Qn/(prehp*prehp*19.62);
vernier=NAME-sigmah-hp-ecv-H2;
H2+=0.005;}
printf("\nGasto m ximo: %f m.3/seg.",Qmax);
printf("\nCarga en el vertedor para gasto m ximo: %lf m.",H2);
getch();

```

```

int renglon,Cu,cont;
double H1,contra;
renglon=1;H1=0.0001;
clrscr();
printf(" ESCALA DE GASTOS.");
printf("\n GASTO(l.p.s.) CARGA(m.)");
for(Cu=250;Cu<1050*Qmax;Cu+=250){
test=100;cont=0;contra=5;
while(fabs(test)>contra){twice:
cont+=1;
H147=pow(H1,1.47);
d=P+H1;
pre=H1/d;
corchet=1+0.56*pre*pre;
Q=1000*1.78*LV*H147*corchet;
test=Cu-Q;
if(cont>30000){cont=0;
H1=0.0001;
contra=contra*1.5;
goto twice;}
H1+=0.0001;
}
printf("\n %d %lf",Cu,H1);
if((renglon%22)==0){getch();
clrscr();
printf("\n GASTO(l.p.s.) CARGA(m.)");}
renglon+=1;
}
getch();

```

CONCLUSIONES.

El programa de computadora que se incluye en este texto y en el diskette de 3.5" que se anexa, cumple satisfactoriamente el objetivo de este proyecto de tesis. El programa realiza todos los cálculos siguiendo los métodos ya expuestos con anterioridad.

Usar el programa es muy sencillo. La entrada y salida de datos se presenta en una manera lógica y fácil de comprender. Las unidades de los datos de entrada, así como las de los resultados, están claramente indicadas, y las gráficas pueden ser fácilmente interpretadas. Los resultados y las gráficas proporcionan toda la información que se requiere de estos cálculos.

Por la sencillez de uso de éste programa no consideré necesario presentar un manual, no obstante, es necesario tener en cuenta las siguientes aclaraciones:

- Para utilizar el programa, debe abrirse el archivo de nombre HIDROBRA que está en el diskette que acompaña a éste texto. (No borrar los archivos *.bgi y *.chr que contiene el diskette, de otro modo el programa no funcionará).
- Al hacer uso de la opción 1 (Cálculo estructural de una presa de gravedad de concreto), debe tomarse en cuenta lo siguiente:
 - a).- El programa hace el cálculo de la presa analizando secciones con incrementos de un metro de profundidad a la vez, de tal modo que el análisis es completo sólo cuando la altura de la presa es un número entero en metros. Por ejemplo: si en la entrada de datos se da una altura de diseño de 73.57 metros, el programa hará los cálculos correspondientes hasta una altura de 73 metros. El ancho de corona calculado corresponderá al de la altura de diseño (73.57 m.), de tal modo que para completar el cálculo tan sólo será necesario hacer a mano el análisis de la última sección añadiendo los 57 centímetros faltantes, trabajo que será muy sencillo partiendo de la información ya proporcionada por el programa.
 - b).- El programa hace el análisis estructural de la presa tomando en cuenta los efectos combinados de las siguientes condiciones de carga:
 - Vaso lleno hasta la corona de la presa.
 - Efectos de subpresión, considerando que por tratarse de una presa de almacenamiento no hay infiltración mas allá del pie de la cortina, de tal modo que el paramento de la presa aguas abajo está seco.
 - El programa considera la existencia de una línea de drenes para reducir el efecto de la subpresión, localizada a 1 metro de distancia a partir de la esquina "mojada" de la corona.
 - Aceleración sísmica en sentido aguas abajo, considerando el efecto en la presión del agua y el debido a la inercia del peso propio de la presa.
 - Por supuesto, el peso propio de la presa.

Escogí esta combinación de cargas, por considerar que éste es el caso posible mas dañino a la estabilidad de una presa de gravedad, y por ser éstas las condiciones que comúnmente se consideran en un cálculo de ésta naturaleza.

El haber ofrecido la opción de hacer el análisis bajo el efecto de distintas combinaciones de cargas habría hecho mucho más largo el programa, además de no ser de gran utilidad, ya que usualmente el diseño se hace tomando en cuenta las condiciones posibles más adversas. Además es obvio que si la presa resiste la combinación de cargas más adversa, resistirá entonces cualquier otra combinación de cargas.

Omití en el programa el efecto de la presión por azolve y el de la presión por capa de hielo por las razones expuestas en las páginas 4 y 5.

- c)- Los arreglos del programa tienen asignada memoria suficiente para calcular presas de hasta 110 metros de altura. El dar entrada a alturas de diseño mayores puede ocasionar el mal funcionamiento del programa.
- Al hacer uso de la opción 2 (Cálculo hidráulico de un vertedor de demasías con canal lateral) debe tenerse en cuenta lo siguiente:
 - a).- El programa considera que las características geométricas de la sección transversal del canal colector y las del canal de descarga son las mismas.
 - b).- Debido al tamaño de los arreglos y las limitaciones de resolución de las gráficas del programa, es recomendable que la longitud de cada canal no sea mayor de 160 metros.
 - c).- Es recomendable que las longitudes de los canales colector y de descarga sean números enteros, ya que en el programa se truncarán los decimales, de tal modo que si teclea una longitud del canal de descarga de 95.72 metros, el programa hará los cálculos y presentará los datos de la estación 0 + 000 m. a la estación 0 + 095 m. De cualquier manera, la variación en tirante y velocidad que se presenta en longitudes menores de un metro, por lo general, no es significativa. Por otra parte, se pueden hacer los cálculos de las estaciones con centímetros, partiendo de los datos que arroja el programa.
 - d).- En casos en que se tenga un gasto grande (por ejemplo: más de 1,250 m.³/seg.), una longitud de canal colector pequeña (por ejemplo: 15 m.) y un ancho de plantilla relativamente grande, existe la posibilidad de que las gráficas aparezcan truncadas debido a limitaciones en las rutinas de graficado, no obstante, los resultados numéricos son siempre confiables.

- Para que la computadora lea los datos de entrada, presione Enter después de cada dato.
- Para hacer cambio de pantalla se presiona cualquier tecla.
- En caso de haber dado entrada de datos equivocados, al final de la secuencia de entrada de datos aparecerá la leyenda: "Son correctos los datos? (S/N)". Presionando la tecla N, o la tecla n, puede darse la entrada de nuevos datos antes de que empiece la secuencia de cálculos.

BIBLIOGRAFIA.

- U.S. DEPARTMENT OF THE INTERIOR BUREAU OF RECLAMATION.
DISEÑO DE PRESAS PEQUEÑAS.
Compañía Editorial Continental, 1978.
- SECRETARIA DE RECURSOS HIDRAULICOS.
PRESAS DE DERIVACION.
Secretaría de Recursos Hidráulicos, 1976.
- SUBSECRETARIA DE INFRAESTRUCTURA HIDRAULICA.
OBRAS DE TOMA PARA PRESAS DE ALMACENAMIENTO.
Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.
- TRUEBA CORONEL, SAMUEL .
HIDRAULICA.
Compañía Editorial Continental, 1975.
- VELASCO SANCHEZ, OCTAVIO.
APUNTES SOBRE VERTEDORES DE DEMASIAS.
1979.
- HERNANDEZ BLANKETT, JOEL.
APUNTES DE OBRAS HIDRAULICAS.
- RODRIGUEZ N., JOSE LUIS.
APUNTES DE TURBO C.
- BORLAND INTERNATIONAL.
TURBO C REFERENCE GUIDE.
Borland International, 1988.