

29  
116



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**ANTEPROYECTO DE UNA CORTINA TIPO  
GRAVEDAD DE CONCRETO**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE

**INGENIERO CIVIL**

P R E S E N T A :

**Mario Ramón Mondragón Vargas**



**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

MEXICO, D. F.

1989



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**ANTEPROYECTO DE UNA CORTINA TIPO  
GRAVEDAD DE CONCRETO**

<b>I.</b>	<b>INTRODUCCION</b>	<b>1</b>
<b>II.</b>	<b>ASPECTOS GEOLOGICOS Y GEOTECNICOS</b>	<b>22</b>
<b>III.</b>	<b>MATERIALES DE CONSTRUCCION</b>	<b>39</b>
<b>IV.</b>	<b>FUERZAS QUE ACTUAN EN UNA CORTINA TIPO GRAVEDAD</b>	<b>52</b>
<b>V.</b>	<b>DEDUCCION DE LA GEOMETRIA DE LA CORTINA</b>	<b>58</b>
<b>VI.</b>	<b>ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE PROCEDIMIENTOS DE CONSTRUCCION</b>	<b>70</b>
<b>VII.</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>73</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>75</b>

CAPITULO I

INTRODUCCION

Los múltiples usos de grandes volúmenes de agua en la sociedad moderna requieren de una planificación total para conservar los recursos hidráulicos.

El agua es un factor indispensable para la vida del ser humano, tanto porque resulta esencial para su ciclo vital, así como por la inferencia que tiene prácticamente en todas las actividades que él mismo realiza.

La vida se inicia en los océanos a partir de cambios graduales en la estructura de la materia, que va alcanzando niveles de especialización y de organización hasta ser transformada en células vivas que posteriormente difunden origen a la gran diversidad y sucesión biológica, los organismos microscópicos elementales, los vegetales, los peces, los anfibios, los reptiles, las aves y los mamíferos, en éste último grupo los primates y dentro de éstos el hombre, en un tiempo cronológico que se calcula hoy en más de tres millones de años.

Con la aparición del hombre nace la protohistoria y con su evolución, la cultura. A través de todo esto, el hombre que surge del agua, sigue dependiendo de ella para sobrevivir, pero estando desigualmente distribuida en la tierra y en el transcurso del tiempo, su disponibilidad en cualquier lugar varía grandemente.

Los asentamientos humanos establecidos en torno a ríos y lagos conforman su propia filosofía e idiosincrasia con su muy peculiar conducta frente a la vida, porque su preocupación es el agua en demasía.

Las poblaciones sedientas, saben de su restricción en el subsuelo y de su ausencia en el cielo raso, tienen también su propia manera de pensar y de luchar contra una naturaleza que otorga complaciente o niega implacable y agresiva.

El desarrollo y aprovechamiento de los recursos hidráulicos requiere la concepción, planeación, diseño, construcción y operación de instalaciones para controlar, manejar y utilizar el agua, cualquiera que sea su origen. Estas ocupaciones son básicamente una función de los ingenieros civiles, pero necesitan también de los servicios de otros especialistas en otros campos profesionales como son los economistas, especialistas en ciencias políticas, geólogos, ingenieros electricistas y mecánicos, químicos, biólogos y otros avocados a las ciencias naturales y sociales.

El primer proyecto hidráulico se ha perdido en la penumbra de los tiempos. La importancia vital del agua en la vida humana justifica la suposición que algún hombre de la antigüedad concibió la idea de derivar el escurrimiento de una corriente desde un cauce natural hacia uno artificial, con el objeto de llevar agua a cierto punto donde fuera necesaria para las plantas de cultivo o para los humanos.

Los antiguos constructores fueron personas que utilizaban un juicio sorprendentemente intuitivo para planear y ejecutar sus obras, posteriormente se adoptan normas y reglas prácticas adquiridas a través de la experiencia las cuales se han ido depurando, complementando e inclusive eliminando con la a-

plicación del conocimiento organizado de la ingeniería, el cual ha aumentado rápidamente hasta la actualidad.

El desarrollo de la civilización, de todas las áreas del conocimiento humano y entre ellas la ciencia médica moderna junto con la ingeniería sanitaria moderna, han reducido los ritmos de mortalidad y han aumentado la probabilidad de vida, la población mundial crece rápidamente por lo que los recursos hidráulicos se están convirtiendo en una de las posesiones más importantes ya que el agua es esencial para el consumo humano y la salubridad, para la manufactura de artículos industriales, para la producción de energía, alimentos y fibras, se utiliza como medio de transporte y es un factor importante en actividades recreativas; lo anterior genera la necesidad de construir obras hidráulicas las cuales constituyen un conjunto de estructuras con el objeto de manejar el agua con fines de aprovechamiento o de defensa.

Un sistema de aprovechamiento hidráulico puede ser pequeño o grande, sencillo o complejo, para un objeto o para varios, pero debe de constar de las instalaciones necesarias para obtener el máximo aprovechamiento de los recursos hidráulicos explotados. Por Esta razón, todo el proyecto debe considerarse para su estudio como una sola unidad, antes de establecer definitivamente los requisitos de diseño correspondientes a un solo elemento, como lo es una presa.

Una presa es donde se cambia el régimen natural del escurrimiento al régimen artificial de la demanda, de acuerdo

con el fin o los fines a que se destine. Aquí es conveniente recordar que una presa consta, en lo general, de las siguientes partes :

- vaso,
- cortina,
- obra de desvío,
- obra de toma,
- obra de excedencias.

En general se puede decir que las funciones de una presa son :

- almacenar agua,
- elevar el nivel del agua,
- azbas.

Para almacenar el agua se cierra el paso a un río y se obliga a que el agua se acumule sobre el valle aguas arriba; este mismo hecho provoca un remanso que facilita la derivación del -- agua para el uso deseado.

Los objetivos de una presa se pueden agrupar en dos - grandes áreas :

- aprovechamiento,
- defensa.

A continuación se presenta una serie de objetivos, debiéndose - notar que no son excluyentes, es decir, una presa puede estar - diseñada para el logro de varios de ellos a la vez. Así mismo, se aclara que la lista no es exhaustiva.



Aprovechamiento :

- abastecimiento de agua potable a poblaciones,
- irrigación,
- producción de energía,
- navegación,
- acuicultura,
- entarquinamiento,
- recreación,
- regulación de corrientes.

Defensa :

- control de inundaciones,
- control de azolves.

La estructura que se coloca atravesada en el lecho de un río, como obstáculo al flujo del mismo, con el objeto de formar un almacenamiento o una derivación, se conoce como cortina, la cual debe satisfacer las condiciones normales de estabilidad y ser relativamente impermeable.

Aunque en ocasiones se maneja indistintamente el término presa o cortina, la clasificación de las presas se hace con respecto a la cortina, considerando el uso, el proyecto hidráulico o propósito, los materiales que la constituyen, o la altura.

Uso :

- almacenamiento,
- derivación,
- regulación.

Proyecto hidráulico o propósito :

- vertedora,
- no vertedora.

Materiales que la constituyen :

- tierra,
- enrocamiento,
- concreto o mampostería,
- madera,
- mixtas.

Altura :

- bajas o menores de 30 m.,
- medias o entre 30 y 100 m.,
- altas o mayores de 100 m.

Las presas de almacenamiento se construyen para embalsar el agua en los períodos en que sobra, para utilizarla cuando escasea. Estos períodos pueden ser estacionales, anuales o más largos. Pueden clasificarse de acuerdo con el objetivo del almacenamiento :

- recreo,
- cría de peces y animales salvajes,
- generación de energía hidroeléctrica,
- irrigación, etc.

Las presas de derivación se construyen ordinariamente para proporcionar la carga necesaria para desviar el agua hacia zanjas, canales u otros sistemas de conducción al lugar en que se va a usar :

- riego,
- derivación para un vaso de almacenamiento fuera del cauce natural,
- uso municipal e industrial,
- combinación de los anteriores.

Las presas reguladoras se construyen para retardar el escurrimiento de las avenidas y disminuir el efecto de las ocasionales. Se dividen en dos tipos :

- el agua se almacena temporalmente, y se deja salir por una obra de tosa con un gasto que no exceda de la capacidad del cauce de aguas abajo,
- el agua se almacena tanto tiempo como sea posible, y se deja infiltrar en las laderas del valle o por los estratos de grava de la cimentación. En ocasiones se le llama de distribución o dique, ya que su principal objeto es recargar los acuíferos. Cuando se construyen para detener los sedimentos a menudo se les llama presas para arrastros.

Se pueden utilizar para varios objetos, reservando un volumen separado del vaso para cada uno de ellos, esto es muy frecuente en presas grandes y muy poco en las presas chicas.

Las presas vertedoras se proyectan para descargar sobre sus coronas.

Las presas no vertedoras son las que se proyectan para que no rebase el agua por su corona.

Frecuentemente se combinan los dos tipos anteriores para formar una estructura compuesta.

Las presas de tierra constituyen el tipo de presa más

común, principalmente porque en su construcción intervienen materiales en su estado natural que requieren el mínimo de tratamiento.

En las presas de enrocamiento se utiliza roca de todos los tamaños para dar estabilidad a una membrana impermeable que puede ser una capa de material impermeable del lado del talud mojado, o puede ser un núcleo interior delgado.

Las presas de mampostería se han construido ( las no cementadas ) desde el año 4 000 A.C., pero siendo obras hechas de piedras pequeñas unidas por argamasa, no sirvieron más que para construcciones bajas por lo que se desarrollaron otros métodos de construcción. Según los registros, primero se usó un mortero de arcilla para unir la mampostería en las presas primitivas, después se descubrió y usó el mortero de cal.

Las presas de concreto de cemento portland son estructuras que superan a las de mampostería y que con los adelantos tecnológicos del siglo XX han tenido innumerables innovaciones que han hecho posible construcciones que se aproximan a los 300 m. Podemos clasificarlas como presas de gravedad, de arco, de contrafuertes o combinaciones de estos tipos que dan como resultado las modificaciones denominadas como tipo gravedad aligerada o gravedad hueca.

Las presas de madera utilizan este material para su construcción, pero la cantidad de mano de obra necesaria conjugada con la corta vida del mismo ( entre 10 y 40 años ) las hacen antieconómicas aparte de que tienen considerables filtra-

ciones y su resistencia al deslizamiento se reduce por las fuerzas de flotación.

Se han hecho otros tipos de presas que caen dentro de los grupos antes mencionados, ya que son casos muy particulares que satisfacen requisitos poco usuales o son de naturaleza experimental.

Las presas bajas, medias y altas solo se han clasificado así por la altura que tiene la cortina con una longitud - que podríamos llamar normal, pero cuando se presenta el caso de una estructura de longitud anormal, aunque sea una presa de poca altura no podemos considerarla una presa pequeña, ya que el volumen de almacenamiento puede ser considerable ( digamos que - excede un millón de yardas cúbicas o  $764\ 555\ m^3$  ).

Del párrafo anterior podemos desprender otra clasificación que sería presas grandes y presas pequeñas. Las presas pequeñas se consideran justificadamente asociadas a las corrientes pequeñas y a las cuencas de extensión limitada, pero - podemos considerar como límite de éstas una altura de 50 pies o 17 m., o un volumen de un millón de yardas cúbicas o  $764\ 555\ m^3$ .

La primera presa para la cual hay registros seguros - se construyó sobre el río Nilo en cierta fecha anterior al año 4 000 A.C. Esta presa se usó para derivar las aguas del Nilo y dar un sitio para la antigua ciudad de Memphis. La presa más antigua y todavía en utilización, es la presa Almanza en España, que se construyó en el siglo XVI. Con el transcurso del tiempo se han mejorado los materiales, los métodos de cons-

trucción, y en fin, con las innumerables innovaciones en el proyecto han hecho posible la erección de estructuras monumentales como la presa Hoover de 726 pies, 221 m. de altura ( de arco en Arizona, Nevada, E.U.A. ); la presa Gran Coulee de 163 m. de altura y que contiene más de 11 millones de yardas cúbicas de concreto, 8 427 000 m<sup>3</sup> ( de tipo gravedad en E.U.A. ); la presa Grand Dixence en Suiza que cuenta con 322 pies, 291 m. de altura ( de concreto ); o la presa Nurek en la U.R.S.S. sobre el río Vakh - que siendo de tierra y enrocamiento, tendrá una altura de 1 017 pies, 333 m.; o la presa Brattsk en la U.R.S.S. con capacidad - del vaso de  $1.50 \times 10^{11}$  m<sup>3</sup>.

La tecnología moderna ha hecho aumentar la altura de las estructuras lo cual provoca que aumenten también los problemas, ya que para la solución se requiere conocer más a fondo los factores que rigen el proyecto de la presa. Las presas son sinónimo de seguridad ya que al construirlas se busca - tanto la seguridad de la misma obra como el no ocasionar daños. Su seguridad adquiere más importancia conforme aumenta la altura, ya que fallando una presa de poca altura los daños producidos tal vez sean tan solo los que la misma estructura sufre, -- sin embargo a mayor altura, el mayor volumen de agua almacenado requiere proyectos con coeficientes de seguridad mayores para - evitar daños serios e incluso la pérdida de vidas humanas debido a una falla.

Las presas de concreto del tipo de gravedad, tema del presente trabajo, son estructuras de dimensiones tales que, --

Principalmente, por su propio peso resisten al sistema de fuerzas que actúa sobre ellas. Si se construyen en cimentaciones buenas son estructuras permanentes que requieren poca conservación.

El deseo de satisfacer ciertas necesidades específicas, objetivos de un patrocinador o propósitos de éste, genera el plan de un proyecto que llegará a satisfacerlas, pero que al ir obteniendo apoyo puede ir aumentando las necesidades, los objetivos pueden ampliarse y los propósitos pueden multiplicarse conforme avanza el proceso de la formulación del proyecto hasta que se obtienen las selecciones finales de la magnitud y el objeto.

La planeación es una importante etapa del desarrollo de un proyecto y debe ser hecha con talento y un manejo adecuado para conseguir el grado de eficiencia, que en el futuro se necesitará en el uso del agua. Sin embargo, estas acciones deberán ser de una mayor amplitud que lo que se plantearía con un concepto ordinario de la ingeniería, ya que las investigaciones para el desarrollo de los recursos hidráulicos están influenciadas por consideraciones económicas, políticas y sociales así como por las de naturaleza puramente ingenieril. Involucra generalmente un incentivo político o reconocimiento de la necesidad de contar con un proyecto, la concepción de alternativas o soluciones técnicas factibles cuyos beneficios y costos conforman su factibilidad económica, se evalúan los impactos sociales y ambientales que producen, finalmente se ve la factibilidad financiera (es autofinanciable) y la practicabilidad política (es aceptable por el público).

El objetivo de la planeación del proyecto es la determinación de su viabilidad, para ello son necesarios estudios que permitan hacer el análisis correcto y obtener conclusiones con respecto a consideraciones tecnico-económicas, siendo las principales :

- a) que el proyecto dé la solución a una necesidad social o económica presente o futura;
- b) que el proyecto corresponda al fin que se persigue en forma conveniente; y
- c) que los servicios que se esperan obtener por medio del proyecto justifiquen su costo.

Los objetivos del proyecto, los propósitos y su magnitud, determinan lo que debe investigarse respecto a las presas. Las investigaciones y los estudios pueden abarcar un gran número de materias, de las cuales algunas o todas influirán en la selección del emplazamiento de la presa, en el tamaño de la misma, y en los objetivos a los que se le destine.

La investigación, si se hace completa, es una fase costosa y requiere bastante tiempo de la elaboración del proyecto. Además puede indicar que el proyecto no es ni económica ni técnicamente correcto. Por lo tanto, la investigación debe programarse y ejecutarse de manera que la bondad del proyecto se determine lo más pronto y con el menor costo posible.

No existe ninguna regla sencilla para determinar la extensión de las investigaciones que es necesario efectuar en



cada caso, ya que cada proyecto se enfrenta a un grupo especial y único de condiciones físicas a las cuales debe adaptarse y, por tanto, los diseños estandarizados o tipificados que lleven a soluciones simples de manual o instructivo, raramente pueden ser utilizados. Las condiciones especiales de cada proyecto deben tomarse en cuenta, y los problemas derivados de ellos deberán resolverse por medio de una aplicación integrada del conocimiento fundamental de muchas disciplinas.

Los proyectos son generalmente injustificados si el costo de la investigación necesaria alcanza a ser igual a una gran parte del valor del proyecto construido. Cuando la reducción del costo se hace simplemente eliminando una porción de las investigaciones necesarias, rara vez es economía ya que esto dará por resultado costos imprevistos de construcción o de operación.

La investigación puede dividirse en tres etapas. La primera, o de reconocimiento, se proyecta principalmente para sostener la decisión de proseguir con investigaciones más detalladas, tomando como base datos generales y estudios abreviados. La segunda, o de viabilidad, determina el objeto, magnitud, plan esencial y detalles, y los beneficios y costos aproximados del proyecto, con precisión suficiente para apoyar la autorización del mismo o la aprobación de su construcción. La tercera, que es la etapa de las especificaciones, completa la etapa anterior hasta el grado necesario para preparar los planos finales y especificaciones después de la autorización o aprobación y cuando es

inminente la construcción.

Teniendo en cuenta el párrafo anterior, el presente trabajo esta enfocado para llegar hasta la segunda etapa de la investigación ya que como Anteproyecto será suficiente para apoyar la autorización del mismo o la aprobación de su construcción.

En una presa pequeña, el proyectista puede hacer algunas suposiciones basadas en conocimientos de ingeniería y reducir la magnitud del programa de exploraciones y de pruebas en el emplazamiento de la presa, estos procedimientos simplificados y baratos se emplean para determinar los datos del proyecto necesarios sin dejar por ello de ser eficientes. Esto nos ubica en la segunda etapa de investigación en donde utilizaremos factores de seguridad adecuados, pero no muy conservadores.

En las presas grandes a menudo se requiere ser más extenso y llegar hasta la siguiente etapa por lo que se pueden justificar estudios más exactos y complejos, procedimientos complicados o investigaciones especiales.

Pero el tamaño no es el único factor que decidirá la cantidad y calidad de los estudios, sino que pueden influir condiciones insólitas como el lugar, las condiciones de la cimentación y factores hidrológicos.

En general, después de determinar la necesidad de una presa se realizan los estudios de factibilidad y los reconocimientos para obtener los datos necesarios que determinan los beneficios y el costo de la obra, después cuando se aprueban los estudios preliminares se hace una investigación más detallada seleccionando

el sitio y tipo de presa que mejor se adapte.

Nos iniciamos con el problema de decisión en la selección del sitio para la construcción el cual se encuentra influenciado por factores de índole técnica y no técnica, ya que no existen dos cuencas hidrológicas que sean exactamente similares; cada una presenta su propia problemática particular. Se diferencian entre sí desde el punto de vista ingenieril, así como en sus antecedentes culturales, sociales y económicos; y en algunas ocasiones se ven afectadas por eventos políticos locales, nacionales o internacionales. Por lo tanto, además de los problemas de carácter ingenieril, la ubicación de una presa en una cuenca hidrológica comprende consideraciones de naturaleza absolutamente no técnica. Ello implica que la problemática de selección entre sitios alternativos se ha de resolver mediante la evaluación comparativa tanto de las características físicas del sitio, como las implicaciones sociales, económicas, políticas, ecológicas y legales de la construcción del almacenamiento.

La selección de un sitio para una presa está regida por:

- los objetivos de desarrollo de los recursos hidráulicos,
- la conveniencia física de los sitios disponibles para lograr esos objetivos, sin riesgo y en forma económica, y
- el permiso necesario o autorización gubernamental para utilizar un sitio específico.

En cuanto a los objetivos, ya han sido enunciados en las hojas 4 y 5, y tales o una combinación de ellos, influenciarán la selección del sitio. Los requerimientos específicos -

que deberá cumplir la obra y el almacenamiento, deberán ser regidos por los principios de una formulación sistemática del proyecto; los que requieren de una evaluación comparativa de las ventajas generales y económicas de aquellas alternativas factibles que se identifiquen.

La utilización o destino de los volúmenes de agua almacenados deberán formarse y conformarse a la planeación integral de desarrollo de los recursos hidráulicos de la cuenca y a los objetivos nacionales de desarrollo regional. Las obras y almacenamientos propuestos deberán satisfacer necesidades inmediatas, mediatas y a largo plazo.

Los factores físicos más relevantes que afectan la selección del sitio para una presa son:

- a) Disponibilidad de otros sitios alternativos,
- b) Relación del sitio con respecto a la zona beneficiada,
- c) Disponibilidad de materiales para construcción y acceso al sitio,
- d) Condiciones de impermeabilidad de la cimentación y del vaso,
- e) Cuantificación de afectaciones originadas por la creación del vaso,
- f) Efectos adversos ocasionados aguas abajo por el embalse aguas arriba, etc.

En ocasiones la ubicación de un sitio es especificada por instrucciones gubernamentales o políticas derivadas de tratados internacionales, proximidad a fronteras nacionales, y/o - prioridades reconocidas por la política nacional de desarrollo. El desarrollo cultural y el deseo de conservación de los bienes

naturales tiene a menudo una injerencia importante en la selección final de un sitio. Con poca excepción, los proyectos de almacenamiento de agua causan algún daño. Los sitios que en otra forma son satisfactorios pueden afectar en forma adversa a zonas agrícolas extensas o importantes, minas, vías ferreas y carreteras, ciudades y poblados, zonas boscosas, cotos para la protección de la fauna y flora, zonas de criadero natural de peces, etc.

Una aclaración importante es que la decisión para utilizar un sitio específico se basa en factores de los cuales se tenga conocimiento en el momento en que se autoriza el proyecto, ya que no existe garantía más allá del juicio conciente, de que la solución adoptada continúe siendo la mejor con el transcurso del tiempo. Las condiciones consideradas en proyectos cuya construcción se ha visto retrazada durante varios años habrán variado notablemente y quizás tendrán que seleccionarse otros sitios.

Tales variaciones pueden consistir en avances técnicos en el diseño y construcción de presas, cambios en el patrón regional de uso de la tierra, nuevos desarrollos socio-económicos (industrias, poblaciones, economías, etc.) y otras circunstancias no predecibles. Por el contrario, toda presa, una vez construida, ejercerá sin duda una influencia considerable en el desarrollo futuro de la región.

En resumen, se enfatiza la importancia de los siguientes puntos :

- a) Las presas y almacenamientos que se proyecten en la actualidad deben constituir unidades integrales de programas diseñados a satisfacer en forma práctica y económica todos los objetivos relevantes del desarrollo regional de los recursos hidráulicos; incluyendo el control de avenidas, el abastecimiento de agua para uso doméstico, industrial y agropecuario, la generación de energía hidroeléctrica y la conservación del recurso agua.
- b) Debe dársele una consideración cabal a los desarrollos integrales que permitan satisfacer las necesidades regionales que se anticipen ocurrirán durante la vida útil del proyecto. La satisfacción de necesidades inmediatas no deben realizarse a expensas o en forma comprometedora del desarrollo futuro.
- c) La evaluación competente de los factores hidrológicos es esencial como una base para seleccionar sitios que permitan el diseño de proyectos funcionales efectivos, económicamente cabales y de seguridad efectiva en cuanto a control hidráulico.
- d) Las presas deben ubicarse tomando máxima ventaja de las condiciones topográficas y geológicas favorables, de la disponibilidad de los materiales de construcción, de la accesibilidad y otros factores que tienen influencia en la construcción de presas.
- e) La localización de las presas debe involucrar un mínimo de adquisición de tierras y de relocalización de familias afectadas con el fin de reducir los efectos adversos en los desarrollos establecidos, para evitar posibles retrasos en la terminación de proyectos debidos a problemas legales.

f) Cuando se requiera aceptar proyectos o programas de desarrollo que habrán de satisfacer objetivos parciales o a corto plazo, en vez de las metas integrales y a largo plazo de una planificación regional, las presas se deben situar con especial cuidado para evitar entorpecer las oportunidades futuras de desarrollo pleno de los sitios favorables para utilizaciones más eficientes.

Solamente en situaciones o circunstancias excepcionales los ingenieros especializados pueden afirmar que solo un tipo de presa es el conveniente o el más económico para un lugar determinado, la selección del mejor tipo requiere la consideración cuidadosa de las características de cada tipo en relación con los accidentes físicos del lugar y la adaptación a los fines para los que se supone que va a servir la presa, así como lo que respecta a la economía, seguridad y otras limitaciones que pudieran existir.

La selección del sitio, del tipo de cortina y por lo tanto de la seguridad, nos introduce a el Área de Estudios Básicos, ya que dichas elecciones están directamente afectadas por condiciones naturales como topografía, geología, climatología, hidrología y actividad sísmica; disponibilidad de materiales de construcción y la accesibilidad del sitio.

También está afectada indirectamente por el objetivo y dimensión de la presa, duración de las obras, métodos de construcción y requerimientos de materiales, maquinaria y mano de obra. Tales factores indirectos están influenciados a su vez

por los antecedentes económicos y sociales del país:



CAPITULO II

ASPECTOS GEOLOGICOS

Y GEOTECNICOS

La construcción de una presa implicará carga adicional en el área subyacente a esta, así como influencia destructora de el agua, y como ya se comentó en el capítulo anterior, estas -- circunstancias aumentarán en función de la altura de la cortina y de la capacidad de almacenamiento en el vaso.

Por lo anterior, será de suma importancia conocer y - comprender la estructura de la región para poder interpretar - los detalles del sitio y saber si determinado factor constitutivo de la corteza terrestre (roca o suelo, en estado natural o después de un proceso de reforma) encaja en el programa constructivo; y si no es así, saber si es posible hacerlo encajar y como poder conseguir esto.

El levantamiento geológico es un paso importante y - desencadenará una serie de acciones que tienen la finalidad de proporcionarnos armas para la toma de decisiones. Se realizarán una serie de investigaciones las cuales se efectuarán en gabinete, campo y laboratorio, y se detallarán en los informes respectivos según la etapa en que se encuentre la investigación.

Personal experimentado tanto en campo como en gabinete serán los encargados de coordinar una serie de trabajos que nos merecen como serino:

- planeación,
- exploración,
- pruebas y mediciones,
- análisis, y
- diseño,

y aunque no hay lineamientos fijos, esta tarea está destinada a reducir el nivel de ignorancia que se tenga y permitirá definir una "envolvente de incertidumbre geológica" que sea compatible con la economía del proyecto. Esta tarea deberá ser encomendada a una cuadrilla formada por el ingeniero civil y el geólogo (aun cuando en ocasiones hasta tienen puntos de vista diferentes).

Como primer paso se debe buscar, recopilar y estudiar todos los datos existentes de la región, por ejemplo la literatura geológica así como mapas, fotografías aéreas e informes de obras antecedentes (si las hay). Y aunque puede ser difícil aplicar los datos de estas fuentes directamente a nuestro proyecto, serán de gran utilidad para la planeación de las investigaciones de campo y posteriormente en la interpretación y confrontación de los resultados obtenidos por nosotros.

Con respecto a la posición de la superficie terrestre, podríamos dividir la exploración en superficial y subterránea -- de acuerdo a el nivel en donde se lleve a cabo.

La exploración superficial básicamente consistirá de caminamientos, aplicación de la geofísica y recolección de muestras representativas.

La exploración subterránea consistirá con más métodos y la información que nos proporcionen será más representativa que la superficial. Entre los métodos más utilizados están la geofísica, excavaciones a cielo abierto, zocavones o túneles, sondeo con barrenos y perforadora giratoria.

A continuación se describe el proceso de investigación mencionando los métodos y detallando brevemente algunos de ellos aclarando que el orden de la presentación no rigurosamente es el de ejecución y que la omisión de alguno no implica su inexistencia.

Estando claro (para los investigadores) lo referente a la geología regional, se procede al recorrido de campo o caminamiento en el sitio de la boquilla, vaso y banco de préstamo.

En el sitio de la cortina es de nuestro interés la resistencia mecánica de las rocas (estabilidad) y la permeabilidad; en el área del vaso, la influencia en el almacenamiento de las aguas que tendrán los materiales y detalles geológicos de esa zona; y en lo referente a bancos de préstamo debemos buscar la proximidad inmediata, volumen suficiente y cualidades.

Es importante registrar y anotar todos los datos que se van obteniendo ya que ello servirá como retroalimentación y obtendremos una presa racionalmente planeada y construida.

La Geofísica utiliza la medición de ciertas características físicas como una solución rápida, aunque aproximada, en la investigación de las condiciones geológicas del subsuelo. Efectuándose en la superficie, no se extraen testigos y en forma muy leve se varían las condiciones del terreno.

Las propiedades físicas principales que se estudian son la densidad, magnetismo, electricidad y conductividad las que originan los métodos geofísicos siguientes:

- gravimétrico,

- magnético,
- sísmico, y
- eléctrico,

además que, como casos especiales, contamos con los registros eléctricos y radioactivos en los que será necesaria la existencia de sondos para el establecimiento del equipo.

Para valorar el grado de exactitud de los métodos geofísicos, debemos tener en cuenta que son aplicables allí donde sean válidas las suposiciones básicas del método utilizado, que debe haber contraste entre las propiedades físicas de las diferentes capas del subsuelo (cuanto mayor, mejor), pero sobre todo que las interpretaciones no son hechos geológicos en sí.

El muestreo es importante puesto que nos permitira -- conocer algunas cualidades del material de el cual es representativo, mediante el analisis de laboratorio.

En los caminamientos se toman muestras (las más representativas) de los afloramientos, pero a nivel subterráneo -- su obtención provocará el tener muestras alteradas y/o muestras relativamente inalteradas.

Las alteradas son aquellas en donde no se hace ningún esfuerzo por conservar la estructura del suelo, llevándose a cabo una inspección y examen general, clasificación del suelo, determinación de humedad o características de compactación. Estas muestras pueden obtenerse de excavaciones abiertas, en pozos de prueba, zanjas o cortes abiertos, por barrenos o demuestras en superficie de terrenos aflorantes.

Las relativamente inalteradas son muestras que varían desde las moderadamente alteradas, de los muestreadores seccionales, hasta las casi completamente alteradas, cortadas a mano. Estas muestras pueden obtenerse de excavaciones abiertas, pozos de prueba o tóncles, en forma de cubo, cilindro o trozos de estrato; o por medio de barrenos y perforadoras, como testigos o corazones.

Con Barrenos utilizaremos el método manual ( sencillo o con tripé ) o mediante propulsión mecánica ( helicoidal, de -- disco o con cuchara ); también se pueden utilizar el tubo de pared delgada Shelby, el barril tipo Denison, el muestreador -- Pitcher, el muestreador de Pistón Libre, la perforadora rotatoria, giratoria o barriles muestreadores ( EX, AX, SX, MX ) o la máquina de percusión tipo Stenvic'.

Dentro de las pruebas de campo que se realizarán, las más comunes son la voleta (convencional o la de suelos duros) -- para ensayar la resistencia al corte, y las pruebas Leiranc o -- Lugeon para indicar la permeabilidad.

Compactación Proctor y el límite de Atterberg quedan comprendidas como pruebas de laboratorio.

Conforme se obtienen las muestras, deben irse protegiendo para que no pierdan sus cualidades y los recipientes -- que van a contenerlas pueden ser frascos herméticos, bolsos de polietileno o lona y/o cajas. La parafina, cera, tela, -- plástico auto-adherible y serrín son elementos que nos ayudan en la conservación de las muestras y las protegen durante el

transporte al laboratorio, independientemente que se prueben de inmediato o se vayan a almacenar para utilizarse en pruebas posteriores.

Es obvio que cada muestra sin excepción debiera ser -- marcada con una etiqueta de identificación completa la cual, -- entre otros datos, tendrá alguna clave, el número del sondeo, -- el número de la muestra, profundidad, procedimiento de perforación, la obra, el operador, la fecha, clasificación SSSS, etc.

El conocimiento de la geología de la zona de la presa a nivel de anteproyecto, requiere hacer exploración subterránea de la cimentación para determinar la profundidad de la roca en el emplazamiento de la cortina, y el carácter o propiedades distintivas de la roca y suelos debajo de todas las partes que integran una presa.

El contenido del informe (producto de la investigación y tema del presente trabajo) a nivel de Anteproyecto será :

- Introducción,
- Antecedentes,
- Localización y Acceso,
- Fisiografía,
- Geología Regional,
- Geología de la Boquilla,
- Geología del Vaso,
- Resultados de las Exploraciones,
- Materiales de Construcción,
- Comentarios a las Exploraciones,

- Tratamiento de la Cimentación, y
- Conclusiones y Recomendaciones.

Dentro de los cuatro primeros puntos se comentará en forma breve pero clara la razón que generó el estudio, algunas características de la prueba, se mencionaran las bases para hacer el programa propuesto así como para su modificación (cuando la haya), el estado, municipio, coordenadas geográficas, la población importante próxima a la zona de nuestro interés, la forma de llegar a esta, condiciones del camino, distancia o kilómetroraje, así como la descripción del área en donde quedará -- enclavada la obra.

En las partes de geología se describirá a grandes rasgos el tipo de rocas y suelos constitutivos, lugar de ubicación, distribución, detalles geológicos y litológicos.

Con respecto a los resultados de las exploraciones, se menciona el programa realizado, el equipo usado, la localización de las perforaciones, el personal que intervino y todas las situaciones de interés que aporten información para nuestros fines.

Al comentar cada perforación por separado, su descripción individual constará del número o clave asignado, la estación correspondiente, elevación, profundidad total, litología y espesor de cada capa, adeno utilizado y su longitud, pérdida de agua ( si sea que la hay ), nivel del espejo de agua, si se cementó algún tramo, si se extrajo o no núcleos, longitud parcial y total de los núcleos, el % de recuperación, el índice de cali--



dad de la roca ( I.C.R. ), así como el número de pruebas de permeabilidad, el tipo de esta última y su evaluación. Se puede anexar un resumen de las exploraciones y uno de las pruebas de permeabilidad.

Posteriormente, presentando una panorámica geológica general, se comentan las inquietudes más importantes que se presentaron durante los trabajos y las acciones ejecutadas para esclarecerlas. Así mismo, referente a los materiales de construcción, se comentará de cada uno, el tipo de que se trate, que se dispone, la cantidad y su ubicación.

Tomando en cuenta los resultados obtenidos en las exploraciones, se comentará el tipo de tratamiento de las cimentaciones a realizar, así como la utilización de algún otro método de apoyo para llevarlo a cabo.

Finalmente como conclusiones y recomendaciones se presentan las circunstancias de la zona de nuestro interés, parte por parte, aunque en forma breve, y se comentan las indicaciones que se creen pertinentes y deben realizarse como continuación a el Anteproyecto.

Siendo los planos anexos importantes, no se olvidará el vaciar la información obtenida a ellos, y presentarlos como localización geográfica, perfil de exploraciones, corte geológico, localización de las exploraciones, variación de la permeabilidad, detalle de la calidad de la roca y del porcentaje de núcleos extraídos en la perforación de los pozos, entre otros.

Siendo de los puntos más importantes la perforación y pruebas de permeabilidad, a continuación se mencionan algunos -

aspectos en forma breve.

Las perforadoras giratorias, diseñadas para penetrar roca, también se pueden utilizar para muestrear suelos. Contarán con malacate para maniobras, un contador para colocar adese, elevar y bajar las barrenas, bomba para inyectar agua a la broca y para limpiar el barreno, un contador de agua, peson de lastre, brocas, barrenos y cilindros para corazones, teniendo estos últimos una nomenclatura para cada tamaño de corazón :

cilindro	corazón
NX	2 1/8" 54.6 mm
BX	1 5/8" 41.3 mm
AX	1 1/8" 28.6 mm
EX	7/8" 22.2 mm

Los corazones proporcionan datos sobre la composición y carácter de las diferentes formaciones, poniendo en evidencia la separación e impermeabilidad de las juntas, mantos, fisuras y otros detalles estructurales. Dos parámetros importantes son, primero el denominado Índice de Calidad de la Roca, ICR ( RQD-Rock Quality Designation ), cuya evaluación esta en función de las muestras obtenidas y mayores de 10 cm de longitud, mediante :

$$ICR = \frac{\text{suma de la longitud de las muestras mayores de 10 cm}}{\text{longitud total de la perforación}} \quad ( \dots )$$

para posteriormente consultar la escala :

IGR	descripción de la calidad de la roca
0 - 25	muy pobre
25 - 50	pobre
50 - 75	regular
75 - 90	buena
90 - 100	excelente

El otro valor, que es muy similar, se determina mediante :

$$\text{Rec.} = \frac{\text{longitud total de la muestra}}{\text{longitud total de la perforación}} \quad (\%)$$

denominándose "recuperación", nos indicará la calidad del muestreo y se considerará como bueno si es del orden de 35% o de excelente cuando llega al 95%.

Otros aspectos que debemos estar vigilando será la -- velocidad de rotación, la presión de la broca y el gasto del -- fluido de perforación que se inyecte.

Si un barrenado reúne las condiciones necesarias, se -- puede utilizar para observar el nivel freático, inyectar cemento, profundizarlo cuando se requiera o para hacer pruebas de -- permeabilidad, de las que se comenta algunos aspectos en los -- párrafos que siguen.

Debido a la heterogeneidad del terreno en donde se -- puede cimentar una cortina, sobre todo en el sentido vertical, -- es vital investigar la permeabilidad horizontal en los diferen -- tes horizontes o estratos.

Podríamos decir que el tipo de prueba de permeabili--

dad a realizarse estará en función del tipo de material, nivel freático del agua y homogeneidad de los estratos. Una de las varias pruebas para conocer este parámetro es la llamada Tipo -- Lefranc, la cual tiene cuatro modalidades a aplicarse, según las circunstancias que se nos presenten, ellas son Inyección de Gasto Constante, Bombeo de Gasto Constante, Flujo Variable de Ascenso y Flujo Variable de Descenso.

En las dos modalidades de Flujo Constante ( Inyección o Extracción ) el nivel del agua se mantendrá estable, durante 10 minutos, en función del flujo del fluido, haciéndose la lectura del volumen manejado en ese lapso. Lo anterior nos -- proporciona valores de un gasto ( lt/seg ) y una carga ( m ), que llevaremos a una gráfica  $q - h$ , ilustrada más adelante.

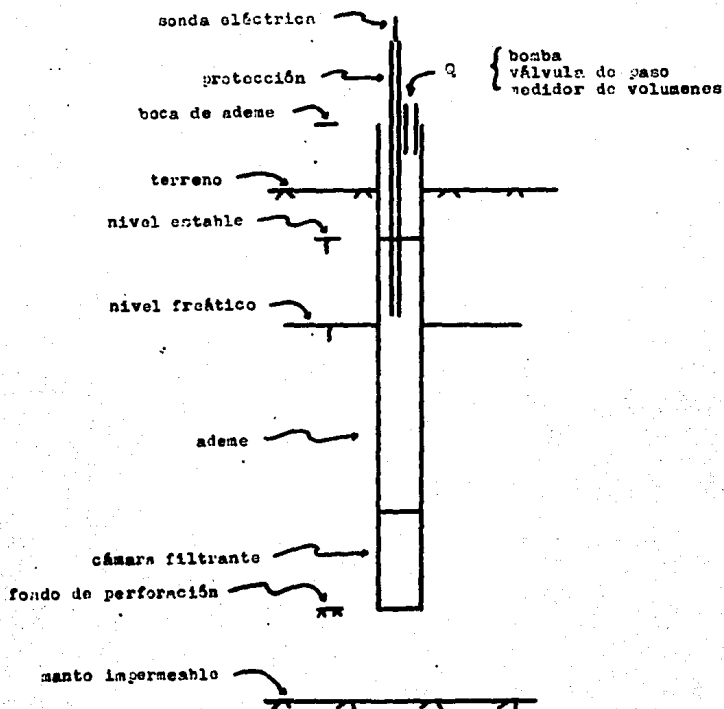
Reduciendo el caudal ( inyectado o extraído ) el nivel variará ( bajando o subiendo, según el caso ) pero tenderá a estabilizarse e iniciamos un nuevo ciclo en busca de otros valores  $q$  y  $h$ . Realizando cinco observaciones obtendremos el -- mismo número de puntos en la gráfica, los cuales, si los ensayos fueron satisfactorios, se deberán o tenderán a alinearse -- con una recta dirigida hacia el origen de los ejes.

El equipo mínimo indispensable para ejecutar las actividades antes descritas, será :

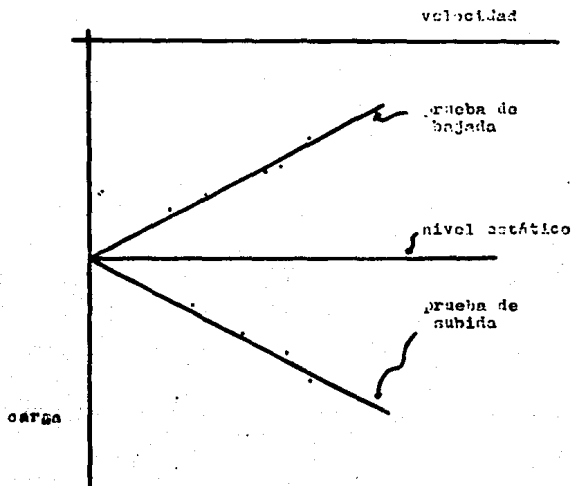
- Bomba ( para inyección o extracción, según la modalidad ),
- válvula de paso,
- medidor de volúmenes,
- cronómetro, y

- sonda eléctrica.

Siendo muy similar la perforación, el equipo y su instalación, así como la gráfica, para todas las modalidades LeFranc, solamente se ilustrará para la ya explicada.



En las modalidades de Flujo Variable, de Ascenso o Descenso de el espejo de la superficie del agua dentro de la perforación, se extrae o suministra una cierta columna de agua dentro de la tubería del ademe y la variación de el nivel se mide en lapsos determinados. Realizando cinco observaciones, obtendremos el mismo número de pares de valores que al graficarse velocidad ( m/seg ) contra carga ( m ) nos proporcionaran un alineamiento hacia el origen de los ejes, si la prueba fue satisfactoria.



Gráficos de Flujo Variable

Para cualquier modalidad de prueba tipo Lefranc, la carga de prueba se recomienda del orden de 5 o 10 m como máximo, y dependiendo el tipo de flujo aplicaremos la fórmula correspondiente:

Constante	Variable
$K = C \frac{Q}{H}$ ;	$K = 2.3CA \frac{\log \left( \frac{H_1}{H_2} \right)}{T_1 - T_2}$

En función de la cámara filtrante se buscará el valor del coeficiente "C" ya sea por gráfica o fórmula, quien estará influenciado por la cercanía que tenga el tramo de prueba con respecto a el manto impermeable o manto freático.

Será obvio que antes de iniciar la prueba se comprobará el correcto funcionamiento de todo el equipo

Quando se efectue la prueba, si hay necesidad, se protegerá la sonda eléctrica con un tubo para así mantener bien definido el nivel del agua (inyección de flujo constante).

Segun las circunstancias que se nos presenten, el tiempo de observación se tomara a nuestra conveniencia para realizar las cinco observaciones (flujo variable).

La prueba Tipo Lefranc que se utiliza en medios granulares, suelos o roca muy fracturada, nos indica que un valor de  $10^{-5}$  ya es confiable de impermeabilidad, pero se podrá consultar la siguiente tabla:

$10^{-6}$ - $10^{-7}$	o más	material impermeable
$10^{-5}$		poco permeable
$10^{-4}$		permeable
$10^{-3}$ - $10^{-2}$		altamente permeable

Cuando nos enfrentamos a un medio formado por macios rocosos o materiales granulares parcialmente cementados, se optara por la prueba de permeabilidad Tipo Lugeon.

Esta prueba consiste en inyectar agua a presión en una cámara filtrante, similar a la de la prueba anterior descrita, y propone su propia unidad de medida, la llamada Unidad Lugeon - que podemos expresar como 1 U.L. = 1 lt/min/m, esto significa - un litro de absorción por minuto en un metro de perforación durante 10 minutos a una presión de 10 atmosferas o  $10 \text{ Kg/cm}^2$ .

En esta prueba el equipo requerido esta formado por:

- bomba,
- tanque regulador de presión,
- medidor de volúmenes,
- manómetro, y
- obturador ( neumático, mecánico o coque de cuero ).

A grandes rasgos, el procedimiento es el siguiente, - habiéndose logrado una perfecta obturación, se saturara el terreno ( 10 min ) para despues inyectar agua a presión y controlarla por un manómetro. Partiendo de cero se ira aumentando de 2 - en 2 atmosferas ( o  $\text{Kg/cm}^2$  ) hasta llegar a 10 y de la misma forma se regresa a cero; anotando los valores de agua absorbida a presiones ascendentes y descendentes y manteniendo el caudal - constante un lapso de 10 min en cada incremento de presión, obtendremos datos de gastos ( lt/min ) contra presiones (  $\text{Kg/cm}^2$  ) los cuales llevados a una gráfica, daran curvas ( generalmente ) de escurrimiento laminar y escurrimiento turbulento, sin que -



ello represente que las fracturas son laminar o delgada, o turbulenta o más abierta.

Al aplicar las presiones ascendentes y descendentes, raramente obtendremos los mismos resultados en esta prueba; para apreciarla se debe hacer la corrección de las pérdidas de carga debidas a la conducción del agua.

Cuando en esta prueba no se alcanza la presión ascendente de  $10 \text{ Kg/cm}^2$  ( por condiciones naturales ) se hará una extrapolación lineal por las primeras presiones ascendentes aplicadas.

La interpretación de los resultados puede hacerse -- consultando la siguiente tabla:

U. L.	Condición
0 - 5	Impermeable
5 - 11	Poco Permeable
11 - 25	Permeable
25 - 40	Muy Permeable
40 - más	Altamente Permeable

CAPITULO III

MATERIALES DE

CONSTRUCCION

En la erección de una cortina tipo gravedad de concreto, obviamente, como su nombre lo indica el material principal a utilizar sera una mezcla de varios elementos que unidos entre si deben producir un buen material de construcción, económico, resistente, manejable y durable, su nombre: Concreto.

El concreto esta constituido por agregados, cemento - hidráulico, agua y eventualmente algun adicinante, quienes en función de su selección, estudio, tratamiento y dosificación, - proporcionarán al producto final las cualidades antes mencionadas.

Así pues, se comentaran algunos aspectos de cada uno de los elementos constitutivos del concreto.

Agua, es un cuerpo compuesto, que resulta de la combinación de dos volúmenes de hidrógeno por uno de oxígeno ( $H_2O$ ), en estado puro es incolora e insípida, hierve a los  $100^{\circ}C$  y se congela a  $0^{\circ}C$  a la presión de una atmósfera; pero el agua natural no está nunca pura, contiene en disolución gases y sales y en suspensión polvos diversos y a veces microbios.

Durante el período de la obra la necesidad de agua - sera básicamente para consumo humano, mezcla y curado del concreto, siendo estas dos últimas de nuestro interés, por el momento.

El agua que necesitamos para nuestro propósito debe - ser limpia y estar libre de contaminantes, estos últimos pueden ser limo, materia orgánica, álcali, sales u otras impurezas.

Habrí ocasiones en las que se tenga que respetar cier-

tos límites, como por ejemplo el de turbidez de 2 000 ppm para la mezcla, o de 1 000 ppm de sulfato en el curado. Lo anterior se establece en base a la calidad del agua que tendremos a disposición, y como generalmente esta será la de una corriente, se deberá usar depósitos de decantación u otros métodos para la clarificación de las aguas.

Al disponerse del caudal del río como fuente básica de aprovisionamiento de agua, se debieron proyectar las instalaciones necesarias para la captación y almacenamiento, garantizando así el suministro de agua, a pesar de las fluctuaciones del nivel en el río o falla de alguna de las unidades.

Cemento es aquel producto con propiedades adhesivas capaz de aglutinar en una masa dimensionalmente estable, diversos materiales tales como grava, arena, etc. Cuando puede endurecerse bajo el agua, se le denomina cemento o cementante hidráulico.

En general estos cementos están constituidos por compuestos químicos inorgánicos cristalinos, en los cuales predomina el calcio combinado, ya sea con silicio en forma de silicatos de calcio característicos de los cementos Portland, o con aluminio para formar aluminatos de calcio como base de los cementos llamados de alta alúmina.

Los cementos Portland, por sus características particulares y su bajo precio son, con muy amplio margen, los más utilizados en la construcción a nivel mundial; los cementos de alta alúmina y otros distintos al portland constituyen sólo una

pequeña fracción del volumen global de los cementos hidráulicos utilizados en el mundo.

Existen algunos materiales activos naturales o artificiales, entre ellos las puzolanas, las escorias de fundición-granuladas y las cenizas volantes, los cuales, al mezclarse finamente con un cemento Portland, modifican o destacan algunas propiedades específicas del mismo, lo cual da lugar a nuevos tipos de cementos, que se agrupan bajo el nombre genérico de cementos extendidos. Como tales se clasifican el cemento Portland puzolana y el Portland de escoria de alto horno.

Por último, también experimentados con el cemento Portland, se encuentran ciertos cementos especiales diseñados para usos muy particulares, entre los que se pueden citar los cementos para pozos petroleros, los cementos de albañilería o morteros y los cementos expansivos.

Los cementos Portland se dividen en cinco tipos, siendo cada uno de ellos función de la proporción de los componentes químicos dominantes, que acentúan o disminuyen algunas de las características físicas del cemento, lo cual especializa su aplicación particular si se requiere.

Así, el cemento tipo I o cemento normal se considera prototipo del cemento Portland, y su uso es amplio y de aplicación universal cuando no existe exposición a sulfatos del suelo o del agua subterránea.

También de aplicaciones muy amplias, el cemento tipo II posee las buenas cualidades del tipo I, y se ha controlado-

la química de tal modo que la modificación de sus propiedades - provoca menor generación de calor de hidratación ( que no siempre es conveniente ) y una moderada resistencia al ataque de los sulfatos.

El cemento tipo III, de alta resistencia temprana, -- se recomienda sólo cuando se desea obtener en el concreto una - resistencia elevada en corto tiempo ya sea en construcción o en reparaciones de emergencia. Se puede suspender pronto tanto el curado como la protección del concreto aunque habrá que tenerles mayores cuidados por la mayor liberación de cantidad de calor al hidratarlo.

En cuanto al cemento tipo IV, de bajo calor de hidratación, genera menos calor que los otros tipos y más lentamente, reduce el agrietamiento, y su resistencia al ataque de los sulfatos es mayor que la de los tipos I y II. La resistencia desarrollada será igual aunque más lentamente.

Por último, el cemento tipo V es altamente resistente al ataque de sulfatos y la resistencia que desarrolla será igual a los otros aunque en forma más lenta. Es ideal para obras que están en contacto con la humedad o el agua, incluyendo el agua de mar.

El cemento blanco y otros coloreados se clasifican -- dentro del tipo I, pero por su alto precio regularmente tienen fines decorativos.

El cemento de alta alúmina tiene una alta resistencia mecánica inicial, elevado calor de hidratación, marcada resis-

tencia al ataque químico y propiedades refractorias; su precio elevado comparado con los Portland lo hace de aplicación muy específica.

El cemento petrolero ( muy similar a los Portland I, II y V ) modifica, mediante aditivos químicos, los tiempos de fraguado en condiciones especiales de alta presión y temperatura.

El cemento expansivo tiene esa cualidad al fraguar, por lo que su utilidad es muy particular y en consecuencia reducida su demanda.

Los cementos extendidos son Portland más un material activo el cual impartirá propiedades convenientes al producto. Entre los materiales adicionados más comunes encontramos a las puzolanas ( naturales o artificiales ), escoria de alto horno -- granulada, cenizas volantes, etc.

La relativa abundancia de puzolanas naturales en México, populariza a los cementos puzolánicos ( o tipo C-2 ), observándose la mejoría en manejabilidad, resistencia al ataque de agentes químicos agresivos, y aunque son delicados en el curado, genera menor calor de hidratación, reduce los cambios volumétricos, la exudación y permeabilidad. A edades tempranas la resistencia sera inferior, pero la igualara y aun puede superarla en edades posteriores.

El cemento es producto de un proceso industrial, con plantas generalmente establecidas cerca de alguna ciudad importante, siempre cercanas a las vías generales de comunicación.

En México la distribución de dichas plantas hace que el recorrido más distante sea de 400 Km, por lo que, dependiendo de la ubicación de nuestra obra, será necesario el uso de uno o varios sistemas de transporte.

En distancias relativamente cortas y existiendo carreteras, el camión o remolque será lo adecuado. Con distancias considerables o existencia de comunicación ferroviaria, el ferrocarril con carros tolva será lo indicado. Mientras que cuando se requiera el uso de transporte marítimo o fluvial, se dispondrá de embarcaciones especiales para este fin.

Cabe señalar que para una cortina de concreto generalmente se involucran muy fuertes consumos de cemento, por lo que (salvo en casos especiales) siempre será más económico y eficiente el manejo de cemento a granel.

Resultará conveniente construir una batería de silos de capacidad tal que permite mantener el ritmo de trabajo y absorber las deficiencias en el suministro del cemento, ya sea por problemas de producción en la planta o por problemas en el tráfico de la planta a la obra. Dichos silos deben tener hermetismo y aereación tales que garanticen una conservación adecuada del material durante períodos razonables.

Entenderemos por Agregados a todos aquellos materiales pétreos de origen natural o artificial que generalmente se obtienen en las inmediaciones de la obra y a los cuales se les someterá a un proceso de eliminación de contaminantes (si los tiene) y clasificación granulométrica (predeterminada) para --



hacerlos de utilidad en la obra.

Segun la fuente de obtención podríamos decir que los agregados son naturales ( depósitos ) o triturados ( bancos de roca ), pueden utilizarse combinados. Cuando se poseo ambas fuentes, los factores que intervienen en la selección de una u otra seran el costo, calidad y granulometria.

Los depósitos naturales que se presentan como sedimentarios en cauces de corrientes de agua, son los más económicos y tienen como ventajas que se localizan generalmente en los cauces de los ríos o arroyos en donde se construirá la obra, y el arrastre hace subsistir el material de mejor calidad, influye en una mejor granulometria y les da forma redondeada, lo que reduce la cantidad de cemento influyendo benignamente en la trabajabilidad.

Algunos depósitos ( como el glacial ) pueden proporcionar agregados que al no ser muy buenos, solo podríamos utilizarlos despues de tratamientos elaborados.

Habrà ocasiones en que no existan agregados naturales, que los haya de muy mala calidad o que se ubiquen a tal distancia que el acarreo resulte muy costoso, por lo tanto se tendrá que poner atención a los bancos de roca quienes proporcionaron los llamados agregados triturados que se caracterizan por su forma angulosa e irregular, debido a la trituración o molienda.

La facilidad de explotación de un banco de roca y los costos de trituración dependen de las características petrográficas de la roca; La localización del banco debena ser cer-

cana y de fácil acceso, proporcionando un volumen suficiente, -  
limpio y económico.

La limpieza de los agregados puede lograrse mediante-  
la combinación de lavado con aplicación de una enérgica acción-  
mecánica; el denominado lavado primario puede ejecutarse con --  
lavadores de tambor giratorio, helicoidales o reciprocantes, --  
mientras que el secundario utiliza un sistema de aspersión o a-  
plicación de agua a presión.

De entre los contaminantes que no pueden eliminarse por  
simple lavado encontramos al limo, arcilla, mica, carbón de - -  
piedra, huesos, fragmentos de madera u otra materia orgánica, --  
sales químicas, revestimientos superficiales e incrustaciones.  
Debido a su presencia pueden inducirse inconstancia de volumen,  
disminución de resistencia y durabilidad, aspereza desagradable  
o complicaciones de preparación o mezcla.

Es posible clasificar a los agregados en función de -  
diversas características o propiedades ( procedencia, obtención,  
composición mineralógica, forma de fragmentos, etc. ) pero la --  
más general es el tamaño de las partículas. Existen diver-  
sas mallas y tamices que dependiendo de su número, es el espa-  
cio libre que tienen las aberturas por las cuales irá pasando y  
separando el material. Bajo este punto de vista ( Granulo-  
metría ) tendremos dos límites o divisiones que separan al mate-  
rial en tres grupos principales, gravas, arenas y polvos.

La malla N° 4 retendrá el agregado grueso o grava, --  
dejando pasar a la arena y polvo, siendo su abertura libre de -

4.76 mm o 3/16"; mientras que la malla N° 200 retendrá al agregado fino o arena, dejando pasar al polvo, su abertura libre es de 0.074 mm o 74 micras.

Ya se mencionó el tamaño mínimo de la grava, mientras que para el tamaño máximo a utilizarse dependerá de consideraciones económicas y/o características geométricas y estructurales de la obra. El llamado concreto en masa admite gravas de gran dimensión ( 15 cm ) que incluso pudieran clasificarse -- como fragmento de roca.

Tanto gravas como arenas, por su intervención en la -- fabricación de concreto, tendrán que satisfacer los requisitos -- particulares de calidad de la obra en que se apliquen y el medio de verificarlos es por pruebas que nos proporcionarán la -- composición granulométrica, peso específico y absorción, substancias deletéreas, partículas ligeras, peso volumétrico, abrasión y módulo de finura.

Se aplicará el término polvo a todos aquellos materiales minerales finamente divididos que pasan por el tamiz N° 200 y no poseen propiedades cementantes solos ni en combinación con otros materiales. Su aplicación básica es la fabricación de lechada, aunque algunos polvos minerales se adicionan también como agregados a morteros y concretos en casos especiales. En tales ocasiones es usual tratarlos como rellenos inertes para distinguirlos de los polvos cementantes que también se hallan presentes, y que con los elementos aditivos en cuanto a la adquisición de resistencia mecánica del producto.

Existen materiales o productos distintos al cemento, - el agua y los agregados que se adicionan a la mezcla ( concreto ) como un ingrediente más, y que puede llamarse admixtura, aditivo, o Aditivo, el cual tendrá la finalidad de enriquecer a la mezcla para cumplir con especificaciones, satisfacer condiciones especiales de trabajo y/o corregir deficiencias de los materiales.

Se pueden clasificar en función de los efectos que -- producen, como:

- inclusores de aire,
- fluidizantes,
- modificadores del endurecimiento,
- expansores,
- estabilizadores de volumen,
- puzolánicos,

existen otros que no se mencionan debido a que sus características y efectos en el concreto los hacen de uso muy limitado o demasiado especializado.

**Inclusores de Aire.** Con su uso se produce un incremento en el contenido de aire de la mezcla, una dispersión de -- esferoides de aire de entre 0.03 a 0.75 " o 0.762 a 1.27 mm. La cantidad de aire puede estar en función de la granulometría, forma de las partículas de los agregados, riqueza de la mezcla, revenimiento o de la temperatura del concreto; pero la cantidad óptima esta en función del tamaño máximo del agregado usado:

Tamaño máximo del agregado	Cantidades recomendadas de aire incluido (en volumen)
19.1 mm (3/4 ")	5.0 ± 1 %
38.1 mm (1 1/2 ")	4.0 ± 1 %
76.2 mm ( 3 ")	3.5 ± 1 %
152.4 mm ( 6 ")	3.0 ± 1 %

Incluyendo aire se disminuye el agua y el cemento - - necesarios, el concreto mejora su manejabilidad, durabilidad, - permeabilidad, contracción al secarse, exsudación, da facilidad en el acabado, etc. El exceso de aire aumentará la relación agua-cemento por lo que la resistencia mecánica se perjudica, - por ello es conveniente limitarlo.

**Fluidizantes.** Produce un aumento en la fluidez de la mezcla, o bien permite reducir el agua requerida para obtener una mezcla de consistencia determinada. Predominan los ácidos lignosulfónicos y sus sales (incumbe inclusión de aire), y ácidos carboxílicos hidroxilados y sus sales.

Pueden ser aditivos fluidizantes inclusores de aire, no-inclusores de aire, o reductores de agua de mezclado.

**Modificadores del Endurecimiento.** Pueden ser retardadores o acelerantes, dependiendo del retraso o adelanto en el tiempo de fraguado de la mezcla, clasificándolos como:

- retardadores del fraguado,
- retardadores y fluidizadores,
- aceleradores del fraguado y de la resistencia, y
- aceleradores y fluidizadores,

puediendo requerir o no inclusión de aire.

**Expansores.** Reaccionan con el cemento y agua para generar un gas que produce un aumento en el volumen de la mezcla antes del fraguado. El material más usado en ellos es el aluminio en polvo, ya que en presencia del agua reacciona -- con los componentes alcalinos del cemento y genera hidrógeno -- que al desprenderse provoca la expansión de la mezcla. Puede esperarse que esta expansión continúe hasta que se agoten -- los elementos que reaccionan, o la mezcla endurezca lo suficiente para resistir la evolución del gas sin expanderse.

Se intenta producir una expansión uniforme y controlable, por lo que se deben tener presentes los programas de -- transporte y colocación ya que la generación de gas se inicia -- casi de inmediato.

CAPITULO IV

FUERZAS QUE ACTUAN EN UNA

CORTINA TIPO GRAVEDAD

Como ya se comentó, la cortina es el obstáculo al flujo de un río con el objeto de formar un almacenamiento o derivación que, cumpliendo con los requisitos de estabilidad, no tiene porque deslizar, voltearse o soportar esfuerzos excesivos. Por lo tanto, al diseñarse esta estructura se deben tener presentes las siguientes combinaciones de cargas:

- Usuales ( peso propio, Hama, subpresión y azolves ),
- No Usuales ( peso propio, Hama, subpresión y azolves ), o
- Extremas ( peso propio, Hama, subpresión, azolves y sismo ).

Así pues, una cortina estará sujeta a que actuen sobre ella las siguientes fuerzas principales:

- peso propio,
- presión del agua,
- presión de los azolves, y
- reacción resultante de la cimentación.

Existen otras fuerzas inducidas por viento, hielo, vientos y olas, pero sin embargo, al no ser probable que todas las fuerzas ( principales y adicionales ) se presenten al mismo tiempo, la combinación de cargas por considerar deberá ser decisión de un ingeniero experimentado en proyecto de presas.

A continuación se presentan en forma breve las fuerzas principales que afectan a la estructura y por lo tanto su estabilidad, se representan en un diagrama de cuerpo libre así como el significado de los literales utilizados.

El peso propio de una cortina de concreto de tipo gravedad, es la fuerza principal que induce estabilidad y se obtie-



ne mediante:

$$W_c = V \gamma_c$$

pasando por el centro de gravedad.

El agua induce la presencia de empuje hidrostático, empuje dinámico y subpresión. La presión hidrostática sera el empuje que ejerza el agua sobre la cortina provocando generalmente inestabilidad aunque un pequeño porcentaje puede coadyuvar a la estabilidad de la estructura; el empuje se obtiene con:

$$E = \frac{\gamma H^2}{2}$$

distribución triangular o prisma de esfuerzos, normal al paramento mojado y que actua a un tercio de la altura ( H/3 ).

El porcentaje de agua que brinda un poco de estabilidad lo hace mediante el peso de su volumen como:

$$W_w = V \gamma$$

La acción sismica produce inestabilidad debida al empuje dinámico y que, estudiado por Von Karman, se obtiene por:

$$E^s = 0.55 H^2 \alpha$$

aplicandose a una altura arriba del fondo del vano igual a:

$$z = 4H/3W$$

siendo  $\alpha = a/g$

Otro factor de inestabilidad es provocado por la presión de poro conocida como subpresión, la cual actua en el 100% de la superficie de la base y que puede obtenerse con:

$$S = \frac{V \cdot \gamma_w}{2}$$

Las corrientes tienen la capacidad de transportar sólidos en suspensión (generalmente limos y arenas) al depositarse y acumularse en el paramento mojado pueden producir cargas mayores que las hidrostáticas. Equiparandolo (el azolve) con un líquido más denso que el agua, el cálculo del empuje, su distribución de esfuerzos y su línea de acción son similares.

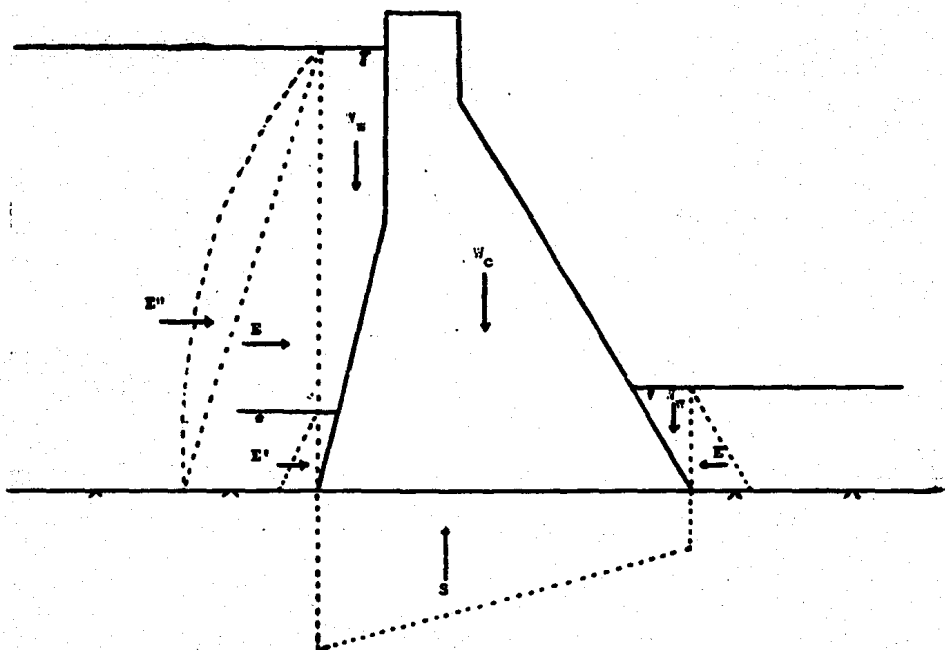
$$E = \frac{\gamma' h^2 K_A}{2} ; \text{ siendo } K_A = \frac{1 - \text{sen} \phi}{1 + \text{sen} \phi}$$

Dependiendo de las fuerzas o cargas a las que este sometida la cortina, se obtendrán las componentes normal y cortante de la fuerza final o resultante, la cual debe ser equilibrada por la cimentación, y cumpliendo los principios de estabilidad se obtendrá una estructura que no deslice, no vuelque ni tenga que soportar esfuerzos excesivos.

El deslizamiento es la falla por cortante que ocurrirá cuando la fuerza neta horizontal arriba de cualquier plano horizontal en la cortina exceda a la resistencia al cortante desarrollado a ese nivel. Volteo es la falla por rotación alrededor del pie debida por tensión en el talón o aplastamiento en el pie. La falla de los materiales por esfuerzos excesivos de compresión puede evitarse seleccionando una sección transversal de tamaño y forma adecuados, mientras que los esfuerzos de tensión se evitarán manteniendo la resultante dentro del tercio medio de la base.

- $W_c$  = peso de la cortina, en toneladas  
 $V$  = volumen, en metros cúbicos  
 $\gamma_c$  = peso específico del concreto =  $2.4 \text{ ton/m}^3$   
 $E$  = empuje hidrostático, en toneladas  
 $\gamma$  = peso específico del agua =  $1.0 \text{ ton/m}^3$   
 $H$  = carga hidráulica, en metros  
 $W_w$  = peso del agua, en toneladas  
 $E''$  = empuje dinámico, en toneladas  
 $z$  = distancia sobre el fondo del vaso, en metros  
 $\alpha$  = coeficiente sísmico  
 $a$  = aceleración causada por el sismo, en metros sobre segundo al cuadrado  
 $g$  = aceleración de la gravedad =  $9.81 \text{ m/seg}^2$   
 $S$  = subpresión, en toneladas  
 $C$  = coeficiente de subpresión  
 $E'$  = empuje del rozolve, en toneladas  
 $\gamma'$  = peso sumergido del material, en toneladas sobre metro cúbico  
 $h_{AZ}$  = espesor del material, en metros  
 $K_A$  = coeficiente de presión activa  
 $\phi$  = ángulo de fricción interna del material

Diagrama de Cuerpo Libre



CAPITULO V

REDUCCION DE LA GEOMETRIA

DE LA COPTINA

Al impedir el flujo natural de una corriente por su cauce, el agua se acumula y forma un lago artificial o vaso, -- que alcanza una cierta altura cuyo valor es deducido hidrológica y topográficamente. Dicho dato ( altura ) sera incrementado por diversos factores como avenidas extraordinarias, marea de viento, factores de seguridad, etc., hasta alcanzar la llamada altura estructural de la cortina ( H ) e iniciando así la deducción de la geometría de la cortina.

Idealmente el perfil de nuestra cortina es triangular, siendo el paramento mojado o de aguas arriba vertical, mientras que el de aguas abajo tendra una pendiente ( m ) dentro del rango 0.65 a 0.35.

Por la dificultad de llevar a cabo el ideal, debemos adecuarlo a las circunstancias que rodean el caso. La parte superior o corona de la estructura puede utilizarse como comunicación entre ambos márgenes y/o darle otros usos, por lo que en vez de culminarla con un vértice agudo se le proporciona un ancho (  $T_0$  ) que puede ser aproximadamente la raíz cuadrada de la altura. A partir de la corona y en sentido descendente -- nos iremos proponiendo una geometría que a su vez analizaremos para que siendo estable también posea la cualidad de una sección transversal con área pequeña, teniendo de este modo seguridad y economía.

A partir de la corona, el paramento de aguas arriba bajara verticalmente tres veces el ancho de  $T_0$  para -- despues continuar hasta la base con una pendiente ( n ) que es--

cila entre 0.05 y 0.15; el paramento de aguas abajo vertical- mente bajara una y media veces el ancho de la corona (  $1.5T_0$  ) - para prolongarse con la pendiente  $n$  ( ya mencionada ) pero pu- diendo cambiar su valor una o más veces antes de llegar a la base.

Existen dos razones importantes para la existencia de la pendiente  $n$  y para los cambios en la  $m$ , siendo una la de dar y conservar estabilidad en la estructura mientras que la otra es que sin sacrificar seguridad, reducimos cantidad de material utilizado, por lo tanto, una sección transversal a cualquier nivel sera estable y económica.

Lo anterior se ira comprobando mediante un análisis a intervalos convenientes tanto para la condición de depósito - lleno como depósito vacío, ya que de esta forma mantendremos a la fuerza resultante dentro del tercio medio de la base a cualquier nivel analizado. En forma general, este iterativo - proceso necesita por principio establecer una convención de - signos y un punto de referencia para que en base a ellos determinemos las fuerzas que intervienen en cada caso, el brazo de - palanca y el momento que induce cada una de ellas, otorgándole el signo correspondiente.

Teniendo todos estos valores se procede a obtener la sumatoria de las fuerzas horizontales y verticales, el momento actuante o de vuelco así como el resistente o contra el vuelco, datos que nos servirán para llevar a cabo la revisión de las - condiciones de estabilidad, buscando primeramente la posición -

de la resultante mediante la relación de los momentos actuantes y las fuerzas verticales:

$$\frac{\sum M_n}{\sum F_v}$$

obtenemos la excentricidad de esta por la diferencia que existe entre la posición de la resultante y el centroide

$$\frac{T}{2} - \frac{\sum M_n}{\sum F_v}$$

y la tendencia a volcarse puede visualizarse mediante los momentos, la volcadura no se presentará si los resistentes son mayores que los actuantes

$$\sum M_r > \sum M_a$$

siendo el factor de seguridad contra el volteamiento la relación entre ellos

$$\frac{\sum M_r}{\sum M_a}$$

Para conocer la tendencia al deslizamiento nos valemos de la relación de la sumatoria de fuerzas horizontales y verticales, debiendo ser mayor que la resistencia por fricción

$$\frac{\sum F_h}{\sum F_v} > \mu = \tan \phi$$

el valor del factor de fricción cortante o coeficiente de seguridad al deslizamiento sera dado por



$$F.C. = \frac{C A + \sum F_v (\tan \phi)}{\sum F_h}$$

También se realiza el análisis de esfuerzos normales, cortante y principales, ya que los esfuerzos de trabajo serán menores de los permitidos, evitando problemas. El esfuerzo normal vertical tanto aguas arriba como aguas abajo se determinara mediante

$$F = \frac{\sum F_v}{T} \left[ 1 + \frac{6e}{T} \right]$$

Si los valores que obtengamos y que se han descrito caen dentro de los rangos de seguridad, la estructura cuyo perfil propusimos y revisamos, sera estable y económica.

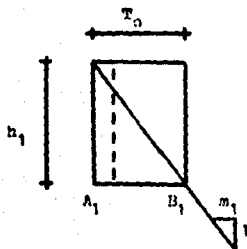
Para ejemplificar lo comentado en las hojas anteriores tomemos los siguientes datos e iniciemos el proceso:

$$H = 100 \text{ m}$$

$$\gamma_c = 2.4 \text{ ton/m}^3$$

$$\gamma = 1.0 \text{ ton/m}^3$$

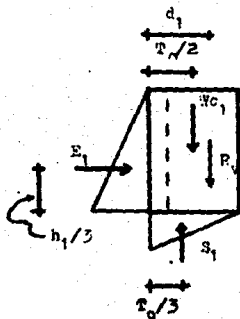
$$C = 0.3$$



$$T_0 = \sqrt{H} = \sqrt{100} = 10.00 \text{ m}$$

$$m_1 = \sqrt{\frac{\gamma}{\gamma_c - C\gamma}} = \sqrt{\frac{1}{2.4 - (0.3 \times 1)}} = 0.69$$

$$h_1 = \frac{T_0}{m_1} = \frac{10.00}{0.69} = 14.49 \approx 14.5 \text{ m}$$



$$W_c = T_0 h_1 \gamma_c = 10(14.5)(2.4) = 348.00 \text{ ton}$$

$$S_1 = \frac{C \gamma h_1 T_0}{2} =$$

$$= 0.3(1 \times 14.5 \times 10 \times 0.5) = 21.75 \text{ ton}$$

$$E_1 = \frac{\gamma h_1^2}{2} = 1(14.5)^2(0.5) =$$

$$= 105.13 \text{ ton}$$

$$d_1 = \frac{\sum M_{A_1}}{R_v}$$

$$\sum M_{A_1} = Wc_1(T_0/2) + E_1(h_1) - S_1(T_0/3) = 348(5) + 105.13(4.83) - 21.75(3.33) = 2175.6 \text{ ton-m}$$

$$R_v = Wc_1 - S_1 = 348 - 21.75 = 326.25 \text{ ton}$$

$$d_1 = 2175.6/326.25 = 6.67 \text{ m}$$

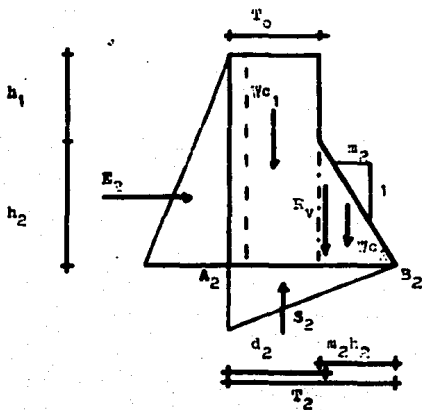
Para que exista estabilidad se debe cumplir :

$$\frac{T_0}{3} \leq d_1 \leq \frac{2T_0}{3}$$

A vaso vacío  $3.33 < 5.00 < 6.67$  ✓

A vaso lleno  $3.33 < 6.67 \leq 6.67$  ✓

Apoyándonos en los resultados obtenidos para la geometría a este nivel, pasemos a un siguiente corte :



$$Wc_1 = T_0(h_1+h_2) \gamma_c \quad \text{-- 1}$$

$$Wc_2 = m_2 h_2^2 \gamma_c \quad \text{-- 2}$$

$$S_2 = C \gamma (h_1+h_2)(T_0+m_2 h_2) / 2 \quad \text{-- 3}$$

$$E_2 = \frac{\gamma (h_1+h_2)^2}{2} \quad \text{-- 4}$$

$$T_2 = T_0 + m_2 h_2 \quad \text{-- 5}$$

$$d_2 = \sum N_{A_2} / R_v \quad \text{-- 6}$$

Basandonos en las anteriores igualdades debemos encontrar  $m_2$  y  $h_2$ , tales que cumplan simultáneamente las condiciones :

$$\text{A vaso vacío} \quad d_2 = T_2 / 3 \quad \text{-- 7}$$

$$\text{A vaso lleno} \quad T_2/3 \leq d_2 \leq 2T_2/3 \quad \text{-- 8}$$

planteandonos así :

$$R_v = (1) + (2)$$

$$\sum N_{A_2} = (1)(T_0/2) + (2)(T_0+m_2 h_2/3)$$

$$d_2 = \sum N_{A_2} / R_v$$

para vaso vacío, mostramos que para vaso lleno tendremos :

$$R_v = (1) + (2) - (3)$$

$$\sum N_{A_2} = (1)(T_0/2) + (2)(T_0+m_2 h_2/3) + (4)(h_1+h_2/3) - (3)(T_2/3)$$

$$d_2 = \sum N_{A_2} / R_v$$

obteniendo por tanteos que :

$$m_2 = 0.57$$

$$h_2 = 22.10 \text{ m}$$

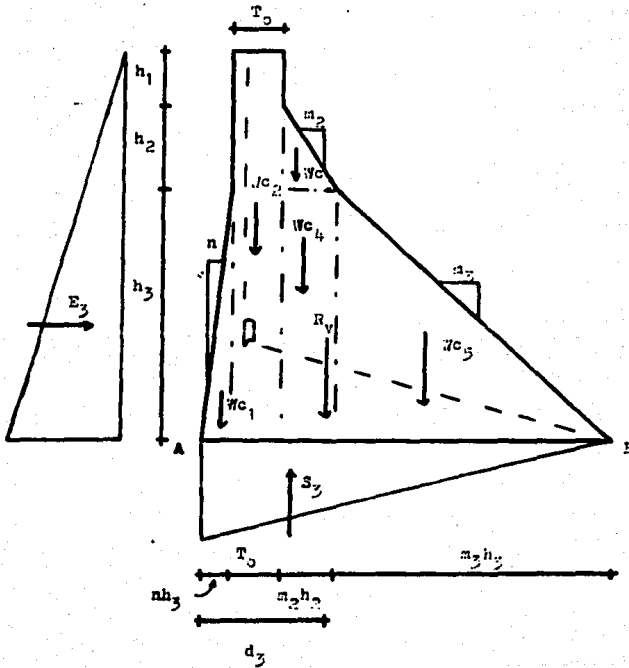
$$T_2 = 22.60 \text{ m}$$

y que :

▲ Vaso vacío  $7.53 = 7.53$  ✓

▲ Vaso lleno  $7.53 < 15.06 < 15.06$  ✓

Facemos ahora al nivel de la base :



De forma similar al nivel anterior, obtenemos las fuerzas, los brazos de palanca, los momentos, con sus respectivos signos. En este punto debemos encontrar  $m_3$ , tal que cumpla la siguiente condición :

A vaso vacío y vaso lleno  $T_3 / 3 \leq d_3 \leq 2T_3 / 3$

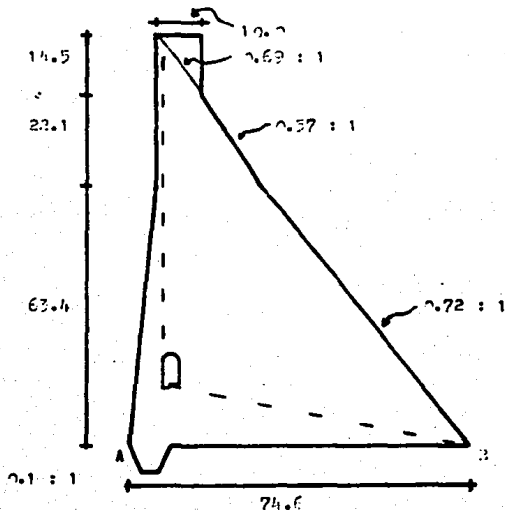
análogamente planteamos las ecuaciones que ajustándose a las restricciones, mediante tanteos, nos darán los siguientes valores :

$n = 0.1$

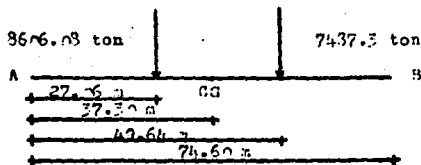
$m_3 = 0.72$

$T_3 = 74.6 \text{ m}$

por lo que la sección de la cortina para la mostrada y de la cual encontraremos los esfuerzos normales.



Estado de esfuerzos normales en la sección A-B.

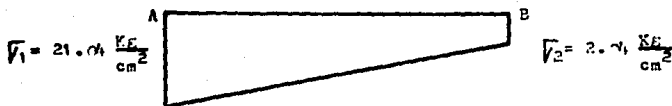


Sin subpresión :

$$e = 10.24 \text{ m}$$

$$\sqrt{V_1} = \frac{R_V}{T} \left[ 1 + \frac{Gc}{T} \right] = \frac{3676.03}{74.6} \left[ 1 + \frac{6(10.24)}{74.6} \right] = 210.375 \text{ ton/m}^2$$

$$\sqrt{V_2} = \frac{R_V}{T} \left[ 1 - \frac{Gc}{T} \right] = \frac{3676.03}{74.6} \left[ 1 - \frac{6(10.24)}{74.6} \right] = 20.351 \text{ ton/m}^2$$



Con subpresión :

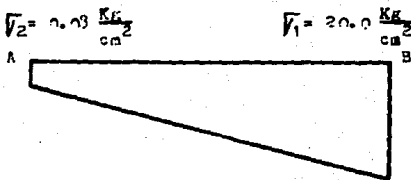
$$e = 12.34 \text{ m}$$

$$R_V = 7437.3 \text{ ton}$$

obteniéndose :

$$\sqrt{V_1} = 199.978 \text{ ton/m}^2$$

$$\sqrt{V_2} = 0.753 \text{ ton/m}^2$$



El esfuerzo normal máximo en B es  $\sqrt{I} = 20.0 \text{ Kg/cm}^2$   
y teniendo en cuenta que :

$$\alpha = \text{ang tang } \frac{1}{1.72} = 54.246^\circ$$

$$f_{\text{máx}} = \frac{\sqrt{I}}{\text{sen}^2 \alpha} = \frac{20.0}{(0.8115)^2} = 30.37 \text{ Kg/cm}^2$$

En lo referente al coeficiente de seguridad al deslizamiento en AB :

$$Q = \frac{AC + (Wc - S) \text{ tang } \phi}{E}$$

sustituyendo valores :

$$Q = \frac{74.6 (100) + (7437.3) \text{ tang } 45^\circ}{5000} = 2.09 \quad \checkmark$$

ESTA TESIS NO DEBE  
SALIR DE LA BIBLIOTECA



CAPITULO VI

ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE

PROCEDIMIENTOS DE

CONSTRUCCION

Los procedimientos de construcción de cortinas de concreto no habían observado cambios substanciales en las últimas décadas; pero debido a una nueva tecnología, en los últimos años los conceptos tradicionales de construcción de presas se han transformado con el uso del Concreto Compactado con Rodillo ( C C R ).

Básicamente, este es un concreto sin revenimiento que puede ser acarreado en camiones, extendido por bulldozer y compactado con un rodillo vibratorio.

Se ha usado desde los años 70's en pequeños rellenos de prueba, reemplazos masivos de material erosionado, parte de alguna presa, estructura de desviación y relleno control de cortinas, pero fue hasta los 80's cuando los métodos de concreto compactado con rodillo se utilizaron totalmente en el diseño y construcción de cortinas.

Se define al CCR como una tecnología constructiva que utiliza una mezcla de concreto con revenimiento cero, bajo contenido de cemento ( de 30 a 100 Kg/m<sup>3</sup> ), presencia opcional de puzolanas ( de 20 a 30 Kg/m<sup>3</sup> ), relación agua/cemento muy baja, buena graduación de agregados con un tamaño máximo del orden de 7.6 cm ( 3" ), que generalmente se mezcla en plantas de procesamiento continuo y se transporta y coloca usando equipos para movimiento de tierras, en capas del orden de 30 cm y sometiendo cada capa a compactación con equipo vibratorio.

El adecuado uso de esta tecnología conlleva ahorro importante tanto en tiempo como en costo. Con respecto al -

tiempo, el abatimiento puede incluso llegar hasta un 60% debido entre otras cosas al menor volumen de material utilizado, esquema de desviación del río mucho más corto y la edad para alcanzar la resistencia suficiente de autoapoyo en corta. En relación al costo, el abatimiento también puede aproximarse a 60% debido principalmente a la menor cantidad de cemento utilizado, las menores dimensiones de la cortina implicarán menores costos de las obras adicionales como desvío de corriente, túneles a presión y obra de excedencias.

Independientemente de lo anterior, el equipo y mano de obra no necesariamente tienen que ser especializados, y ya que se coloca, transporta y compacta como tierra, hay que tener mucho cuidado porque parece fácil pero no lo es.

CAPITULO VII

CONCLUSIONES

Los objetivos de una presa son aprovechamiento y/o defensa, cumpliendo con los requisitos de seguridad y economía.

Por lo anterior es de importancia interpretar los detalles del sitio obtenidos en las investigaciones de gabinete, campo y laboratorio, definiendo una "envolvente de incertidumbre geológica" que nos permite cubrir los requisitos mencionados.

De las pruebas realizadas en el mismo sitio, se obtienen parámetros o escalas natural de las zonas de cimentación y vaso, y bancos de material para el concreto.

Es indispensable tomar en cuenta todas las fuerzas -- que intervienen en la estabilidad de una cortina para poder diseñarla ya que está en función de su propio peso.

La alternativa de utilizar el GCR parece fácil, pero habrá que tomar las bases y experiencias extranjeras y adecuarlas a nuestras circunstancias.

B I B L I O G R A F I A

1. Torres H. F., "Obras Hidráulicas", Editorial Limusa, Primera Edición, México, 1981.
2. Vega R. O., "Presas de Almacenamiento y Derivación", DEFFI-UNAM, Tercera Edición, México, 1984.
3. Bureau of Reclamation, "Diseño de Presas Pequeñas", Editorial CIESA, México, 1967.
4. Portland Cement Association, "Presas Pequeñas de Concreto", Editorial Limusa, Primera Reimpresión, México, 1972.
5. Krynine D. y Judd W.R., "Principios de Geología y Geotecnia para Ingenieros", Editorial Omega, Quinta Edición, México, 1980.
6. C.F.E., "Manual de Diseño de Obras Civiles", Primera Edición, México, 1969.
7. Méndez R. E., "Conceptos Fundamentales sobre el Diseño de Cortinas de Concreto Tipo Gravedad", Restin, TRAM, México, 1937.
8. E.I.M., "P.H. Huiton, Solución con Cortina de Gravedad, Anteproyecto", C.F.E., México/ Febrero/ 1922.
9. Bureau of Reclamation, "Design Criteria for Concrete Arch and Gravity Dams", SI METRIC Engineering Monographs, No. 19 USA/ February/1977.
10. Torres H.F. y De La O C.A., "Instrucciones Generales para la Ejecución de Pruebas de Permeabilidad Tipo Lofranc", Ingeniería Hidráulica en México, Vol. XXI, Num. 4, México/ --

1967.

11. C.F.E., "Exploración y Muestreo de Suelos para Proyecto de Cimentaciones", Norma 2.214.05, Partes I y II, Primera Edición/ 1976.
12. Rodríguez R. J. L., "Informe Geológico Exploratorio y de -- Pruebas de Permeabilidad de la Boquilla La Amaya", SARH/ -- Junio/ 1982.
13. Jochi G. S., "Optimum Profiles of Gravity Dams", Water Power and Dam Construction, September/ 1982.
14. Victoria S. V. M., "Procedimiento para la Fabricación, Manejo y Colocación de Concreto Masivo en Cortinas", SARH/ -- Febrero/ 1981.
15. Villaseñor M. J. M., "Cementos Producidos en México", Revista INCYC, Vol. 24, Num. 185/ Agosto/ 1986.
16. Nieto R. J. J. A., "La Tecnología del Concreto Compactado -- con Rodillos (CCR)", Revista Construcción y Tecnología, -- Octubre/ 1988.
17. Schrader E. K., "Concreto para Cortinas Compactado con Rodillos", Revista INCYC, Vol. 20, Num. 159/ Noviembre/ 1982.
18. Schrader E. K., "The First Concrete Gravity Dam Designed -- and Built for Roller Compacted Construction Methods", Concrete International, Design and Construction, Vol. 4, Num. -- 10/ October/ 1982.
19. Figueroa G. D., "El Concreto Compactado con Rodillo (CCR) -- y su Control de Calidad", Revista Mexicana de la Construcción, Num. 508/ Enero/ 1988.

20. Lindley R., "Roller Compacted Concrete Dam", Construction - Industry International, Vol. 14, Num. 2/ February/ 1983.
21. Cannon R. W., "El Concreto Compactado con Rodillos y El Rolado en las Presas", Revista INCYC, Vol. 24, Num. 133/ - Agosto/ 1986.
22. Tatro S.B. and Schrader E.K., "Thermal Considerations for - Roller-Compacted Concrete", ACI Journal/ March-April/ 1985.
23. Moqueda T. A., "Presas de Concreto Rodillado", Ingenieria-Hidráulica en México, Vol. I, Num. 1, II Epoca/ Septiembre-diciembre/ 1985.