

150



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO

ED

FACULTAD DE INGENIERIA

"ELABORACION DE UNA BASE DE DATOS SOBRE LAS GRANDES PRESAS DEL  
MUNDO Y DE MEXICO COMO MATERIAL DIDACTICO EN EL AREA DE  
HIDRAULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA"

FALLA DE ORIGEN

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :

DIEGO TONDA SALCEDO

DIRECTOR DE TESIS: M.I. ARTURO NAVA MASTACHE



MEXICO, D. F.

1995



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**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 esta 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.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
DIRECCION  
60-1-029/95

Señor  
**DIEGO TONDA SALCEDO**  
Presente.

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor **M.I. ARTURO NAVA MASTACHE**, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como tesis de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

**"ELABORACION DE UNA BASE DE DATOS SOBRE LAS GRANDES PRESAS DEL MUNDO Y DE MEXICO COMO MATERIAL DIDACTICO EN EL AREA DE HIDRAULICA DE LA FACULTAD DE INGENIERIA"**

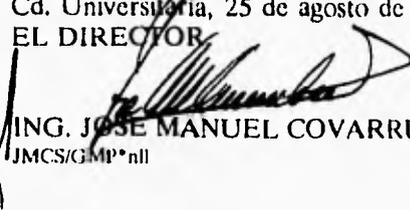
**INTRODUCCION**

- I. ANTECEDENTES**
- II. PRINCIPALES CARACTERISTICAS DE PRESAS Y SUS ESTRUCTURAS AUXILIARES**
- III. MANEJO Y CONTENIDO DE LA BASE DE DATOS**
- IV. CONCLUSIONES Y COMENTARIOS**

Ruego a usted cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el título de ésta.

Asimismo le recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberá prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd. Universitaria, 25 de agosto de 1995  
EL DIRECTOR

  
ING. JOSE MANUEL COVARRUBIAS SOLIS  
JMCS/GMP\*nl

*A mis Padres  
A Josana  
Al Güero, Claudia, Pablo y Adriana  
A mi Abuela  
A Papa Tonda*

*A mis amigos Pablo, Juan Pablo, Alejandro, Pancho,  
Robert, Omar y Fabrice*

*Para Ana, por supuesto*

**Al M.I. Arturo Nava Mastache, amigo y profesor, por su paciencia y ayuda en la realización de esta tesis.**

**Agradezco a ADN Editores por el apoyo técnico brindado.**

**Y a todos aquellos que aportaron opiniones para el mejoramiento de este trabajo.**

# ÍNDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>3</b>
<b>1. ANTECEDENTES</b>	<b>5</b>
1.1. Ingeniería de las presas	6
1.1.1. Aspectos generales	6
1.1.2. Historia	8
1.1.3. El diseño de una presa	11
1.1.4. La elección del tipo de presa	12
1.1.5. La energía hidráulica	14
1.2. Base de datos	18
1.2.1. Conceptos básicos	18
1.2.2. Criterios de selección para las presas contenidas dentro de la base de datos.	20
<b>2. CARACTERÍSTICAS DE LAS PRESAS Y SUS ESTRUCTURAS AUXILIARES</b>	<b>21</b>
2.1. Las presas de tierra y enrocamiento	22
2.2. Las presas de concreto o mampostería	26
2.3. Estructuras auxiliares	32
2.4. Supervisión y mantenimiento	36
<b>3. MANEJO Y CONTENIDO DE LA BASE DE DATOS</b>	<b>37</b>
3.1. Manejo de la base de datos	38
3.2. Datos que se obtuvieron para cada presa	41
3.3. Contenido de la base de datos	42
3.4. Las presas más grandes del Mundo	67
<b>4. CONCLUSIONES Y COMENTARIOS</b>	<b>71</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>75</b>

# ***INTRODUCCIÓN***

La elaboración de una base de datos sobre las grandes presas del Mundo y de México como material didáctico en el área de Hidráulica de la Facultad de Ingeniería surgió ante la necesidad de recabar toda la información existente sobre este tema. El lector se preguntará cual puede ser la utilidad de este trabajo si basta con buscar en cualquier libro de presas para encontrar una tabla con los datos de las presas más grandes del mundo. Pues bien esto se hizo cuando se planteó la idea de hacer este trabajo, pero ¿qué sucedió? Se encontró mucha información pero completamente dispersa, desordenada y heterogénea, por lo que fue necesario recabarla, ordenarla e introducirla en una base de datos.

El objetivo de esta tesis es el de presentar los datos de las presas más importantes del Mundo y de México dentro de un programa de fácil manejo. Para realizar una base de datos es necesario homogenizar toda la información existente, es decir, tener los mismos datos para cada presa (por ejemplo la altura o el volumen del vaso de almacenamiento). Existen datos que sólo se obtienen para algunas presas en particular como la capacidad de la obra de excedencias. La base de datos tiene la ventaja de que es muy fácil obtener listados de ciertas presas según las características que predetermine el usuario (las presas de más de 200 metros de altura).

Esta tesis está dividida en dos partes, una parte escrita que se describe a continuación, capítulo por capítulo y un archivo en "disquette" que contiene la información de algunas de las grandes presas del Mundo.

En el primer capítulo se presentan los antecedentes de las presas, sus usos, su desarrollo histórico y los criterios de diseño. En la segunda parte de este capítulo se proporcionan las características generales de la computadora que se necesita para que se pueda utilizar la base de datos, el programa elegido para la recolección de información y los criterios de selección de las presas que aparecen dentro de esta.

En el segundo capítulo se describen los tipos de presas (tierra, gravedad, etc...), las estructuras auxiliares que las acompañan (obra de toma, obra de excedencias,...) y por último se tratan la supervisión y el mantenimiento.

El tercer capítulo explica paso a paso como usar la base de datos y se enlistan algunas de las presas contenidas en la base de datos. Al final de este capítulo se incluyen unas listas de las presas más grandes del Mundo según su altura, volumen, y otras características fundamentales.

# ***1. ANTECEDENTES***

## 1.1. INTRODUCCIÓN A LAS PRESAS

### 1.1.1. Aspectos generales.

Una presa es una estructura construída al paso de una corriente para modificar su régimen hidrológico.<sup>(ref. 1)</sup> Las funciones de las presas desde un punto de vista hidráulico o hidrológico son las siguientes:<sup>(ref. 2)</sup>

1. Almacenamiento de agua, es decir, guardar el agua cuando sobra en época de lluvias para posteriormente utilizarla cuando falte en época de estiaje. En las presas de almacenamiento, el agua almacenada nos sirve para riego, abastecimiento de agua potable o para usos industriales.
2. Derivar el agua de la corriente para su uso inmediato (o para llevarla a almacenar a otro lado). Estas presas se conocen como presas derivadoras.
3. Retener temporalmente el agua de la corriente para dejarla salir con otro régimen. Presas para control de avenidas.
4. Dar carga hidráulica para aprovechar la energía del agua, es decir centrales hidroeléctricas.

Generalmente las presas tienen varios usos, sobre todo en los países subdesarrollados. Una presa multiusos puede controlar avenidas y generar electricidad o puede servir para almacenar agua para riego y abastecimiento de agua potable y servir como lago turístico o tener al mismo tiempo todos los usos mencionados anteriormente.

El término presa se utilizará para definir lo que se conoce en México como cortina. No se usará el término cortina ya que después de consultar diversas publicaciones relacionadas con el tema se concluye que su uso es coloquial.

A la presa la acompañan varias obras auxiliares tales como vertedores, compuertas o válvulas para controlar la descarga del agua excedente acumulada en el vaso, obra de toma para conducir el agua a canales, a turbinas o a líneas de

*a. Régimen es un conjunto de reglas que se imponen o que se siguen, al hablar de régimen hidrológico se quiere decir que un río tiene un cierto comportamiento, el cual va a ser completamente modificado por una presa.*

*b. Un país subdesarrollado tiene que aprovechar al máximo una presa con la finalidad de obtener beneficios en la agricultura y en la industria. Para éste la construcción de una presa es un gran sacrificio económico.*

conducción y obras para permitir el paso de peces o barcos.

Otra forma de clasificar a las presas es por el tipo de estructura y sus materiales, de acuerdo al siguiente cuadro esquemático:<sup>(ref. 1)</sup>

## **CLASIFICACIÓN DE LAS PRESAS POR SU ESTRUCTURA Y MATERIALES.**

### **Presas de tierra y enrocamiento (de materiales sueltos o flexibles).**

- Presas de tierra
  - De sección homogénea
  - De relleno hidráulico
- Presas de enrocamiento
  - Con corazón impermeable (núcleo de arcilla)
  - Con pantalla de concreto hidráulico (cubierta aguas arriba)

### **Presas de concreto o mampostería (de materiales cementados o rígidas).**

- Presas de gravedad
  - De tipo convencional
  - De concreto rodillado
- Presas de contrafuertes
  - Machones de cabeza redonda
  - Machones en T
  - De cubierta de losas planas
- Presas-bóveda
  - De arco-gravedad
  - De arco o bóveda cilíndrica
  - Bóvedas de doble curvatura (horizontal y vertical)

### 1.1.2. Historia.

#### *La antigüedad.*

La presa de la que se tienen registros más antiguos se cree que fue construída sobre el Río Nilo cerca del año 2900 A.C. Esta presa estaba hecha de mampostería y tenía 15 metros de altura. La finalidad de esta presa era abastecer de agua a la ciudad de Memphis, capital del reino del Rey Menes. Actualmente se han encontrado restos de otra presa de mampostería construída en el año 2700 A.C. en Sadd-el-Kafara a unos 30 kilómetros al sur del Cairo (Egipto). Esta presa que no contaba con una obra de excedencias fue destruída por una crecida del Nilo. En Siria existe en nuestros días una presa que sigue funcionando y que fue construída en el año 1300 A.C., tiene una altura de 6 metros. Los asirios, babilonios y persas construyeron presas entre 700 y 250 A.C. para abastecimiento de agua e irrigación. En este mismo periodo se construyó una presa de tierra en Sudd-al-Arim cerca de Narib en Yemen; esta obra tenía una altura de 14 metros y una longitud de aproximadamente 600 metros. Dicha presa proporcionó agua a una serie de canales de riego por más de 1000 años. De esta misma forma, durante este periodo se construyeron otras presas en diferentes lugares como Sri Lanka (actual Ceylán), la India y China.<sup>(ref. 3)</sup>

#### *Los Romanos.*

Apesar de su indudable destreza como ingenieros civiles los romanos no hicieron grandes progresos en la ingeniería de presas, sino más bien grandes obras de conducción (acueductos).<sup>(ref. 3)</sup> Sin embargo es importante mencionar tres presas romanas que se encuentran situadas en el suroeste de España: la presa de Proserpina y la de Cornaldo que siguen funcionando y la presa de La Alcantarilla que falló a causa de su peso, así como muchas otras que se azolvieron. La presa de Proserpina tiene una altura de 12 metros y está construída con un corazón de concreto recubierto con mampostería que está soportado por unos contrafuertes de relleno de tierra. Esta presa es antecesora de las presas de tierra; la presa de la Alcantarilla tenía un diseño muy similar pero una altura de 14 metros y una longitud de 550 metros. La presa de Cornaldo representó un nuevo avance en el

diseño, ya que el muro de mampostería fue construido con celdas, las cuales fueron llenadas con piedras o barro y revestidas con mortero. Esta presa se diferencia de Proserpina y de Alcantarilla por tener una inclinación aguas arriba y por ser recta en planta. Proserpina y Alcantarilla fueron poligonales en planta. Vale la pena mencionar que los bizantinos construyeron la primera presa curva (antecesora del arco-gravedad) en Dâra, Turquía en el año 550 D.C.

### *Oriente.*

En el año 240 A.C. se construyó una presa de roca sobre el Río Gukow (en China); esta estructura tenía 30 metros de altura y 300 metros de longitud. En Ceylán se construyeron muchas presas de piedra, no muy altas pero bastante largas. Muchas de estas presas funcionan actualmente. En Japón, la presa de Diamonike llegó a tener una altura de 32 metros en el año de 1128 D.C. En la India y en Pakistán se construyeron numerosas presas. La Presa de Veeranam en la India tuvo una longitud de 16 kilómetros y fue construida entre los años 1011 y 1037 D.C.

### *Siglos XV a XVIII.*

En los siglos XV y XVI sólo se construyeron presas en Italia y algunas en España donde la influencia árabe y romana seguía prevaleciente. La presa Tibi (1579-1589) fue una presa de arco-gravedad con una altura de 42 metros; cabe señalar que esta altura no fue superada por ninguna otra presa sino hasta tres siglos después con la presa Gouffre d'Enfer en Francia. De la misma forma tenemos otra presa, la de Almanza en España con una altura de 21 metros, construida en el año de 1586. También en España se intentó construir una presa de 52 metros de altura, pero desafortunadamente falló desastrosamente a causa de la subpresión en 1802. En Europa debido al clima húmedo no existió durante este periodo mucha demanda para construir presas, sólo se hicieron unas pequeñas para almacenamiento de agua en ciudades, para evitar fugas de agua en canales de navegación, presas derivadoras, etc... En la cercanías de Toulouse (Francia) se construyó en 1675 una presa con una altura de 36 metros. El objetivo de esta presa fue abastecer con agua al canal del Midi. Durante más de 150 años esta obra fue la presa de tierra de mayor altura en el mundo.

### *Siglo XIX.*

Hasta mediados del siglo XIX el diseño de presas fue ciento por ciento empírico. El conocimiento de las propiedades de los materiales y de la teoría de las estructuras fue el resultado de las contribuciones de Galileo (1564-1642, italiano), Newton (1642-1727, inglés), Leibniz (1646-1716, alemán), Hooke (1635-1703, inglés), Daniel (1790-1845, inglés), Bernoulli (1700-1782, holandés), Euler (1707-1783, suizo) y Coulomb (1736-1806, francés). Pero fue sino hasta 1850 cuando W.J.W. Rankine, profesor de ingeniería civil en la Universidad de Glasgow (Escocia), demostró que las ciencias aplicadas podían ayudar al ingeniero. Las investigaciones de Rankine sobre la estabilidad de taludes, permitieron comprender mejor los principios de diseño de las presas y del comportamiento de las estructuras. Gracias al trabajo de Rankine fue posible mejorar los procesos constructivos, así como construir presas más grandes. Después de Rankine se han hecho y se siguen haciendo grandes contribuciones a la ingeniería de presas.

### *Siglo XX.*

Desde mediados del siglo XIX hasta el final de la segunda Guerra Mundial (1945), se hicieron enormes progresos en el diseño de las presas. En la primera década de este siglo se construyeron una gran cantidad de presas en los Estados Unidos y en Europa Occidental. En este siglo se han construido estructuras que son de dimensiones impresionantes. Más adelante se mostrarán algunas de las presas más importantes del Mundo.<sup>(ref. 4)</sup>

### **1.1.3. El diseño de una presa.**

#### *Datos de proyecto.*

Las características del lugar donde se piensa construir una presa son los datos esenciales para proyectar la obra. Además de la condiciones climatológicas los aspectos que más influyen son: la hidrología del río que va a cerrar, la topografía y la geología.<sup>(ref. 6)</sup>

- La hidrología de la cuenca define dos aspectos muy importantes, el primero que es saber cómo se va a llenar el embalse de la presa y el segundo que es el de cuidar que una crecida del río no destruya nuestra presa. Para esto es indispensable estudiar la aportaciones mensuales y anuales y el gasto para definir las máximas avenidas que podrá soportar la presa, así como la capacidad de la obra de excedencias. Si se tienen suficientes datos se recurre a los métodos estadísticos directos. Pero si no se tienen se recurre a datos proporcionados por las estaciones climatológicas (precipitación) o por corrientes con características similares. Estos estudios tienen que realizarse con mucho cuidado para cubrir la incertidumbre de los datos existentes.

- Deben hacerse estudios topográficos de la cuenca de la presa (estos también servirán en la realización de los estudios hidrológicos), del sitio o los posibles sitios donde se quiere construir la presa, del vaso de almacenamiento y de los bancos de materiales que serán utilizados en su construcción.

- Los estudios geológicos y geotécnicos proporcionan información sobre la naturaleza de los materiales que constituirán la cimentación de la presa, las características mecánicas de éstos y su permeabilidad. Estos estudios se hacen para los materiales que están en la superficie, así como para los que se encuentran en el subsuelo. Para hacer un estudio detallado de los materiales es necesario hacer sondeos para determinar de qué materiales están hechos los estratos inferiores. Estos se hacen mediante túneles y pozos de observación, los cuales son muy costosos, por lo tanto deben aprovecharse al máximo. La pruebas realizadas

a los materiales permiten determinar su resistencia, elasticidad, permeabilidad y los esfuerzos presentes en los estratos. Debe tenerse cuidado que los componentes que contiene el agua subterránea no ataquen a los materiales de la presa. También los bancos de materiales necesitan ser explorados y estudiados con todo detalle. Mientras más alta sea la presa mayor deberá ser el cuidado de los cimientos de esta. También es importante tomar en cuenta la actividad sísmica del lugar para el diseño de nuestra presa.

Es importante mencionar que los estudios arriba mencionados son costosos, sin embargo no se debe escatimar en ellos porque la seguridad de la presa depende de la información completa acerca de estos tres aspectos. Una vez que se tienen todos estos estudios se procederá a determinar qué tipo de presa se va a construir.

#### **1.1.4. La elección del tipo de presa.**

Para elegir un tipo de presa se deberá tomar en cuenta que éste sea seguro y que no tenga problemas en la cimentación. Una vez que se cumple con este último requisito se procederá a hacer estudios económicos y estudios de impacto ambiental.<sup>(ref. 6)</sup>

##### ***La seguridad.***

Como se mencionó anteriormente la seguridad de la presa depende de los siguientes factores: existencia de datos hidrológicos confiables; definición de las máximas crecidas que puedan llegar a presentarse; análisis de los máximos niveles de agua y determinación de la capacidad de la obra de excedencias; tomar en cuenta las condiciones climatológicas más desfavorables; conocimiento de las cargas que va a soportar la obra, sin despreciar aquellas a las que se le va a someter durante su construcción; análisis de la estabilidad de la cimentación y de las vertientes del vaso, así como de las deformaciones de la presa y su compatibilidad con la cimentación; el comportamiento de los materiales a largo plazo; la permeabilidad de la cimentación y la definición de las medidas necesarias para evitar problemas con la subpresión y análisis sísmico.

### ***La economía.***

Para toda elección que se realice se deberán tomar en cuenta los aspectos económicos. Estos intervienen desde la definición de la capacidad del vaso elegida, que depende de las necesidades en el tiempo (crecimiento de las necesidades de irrigación, de electricidad, de agua potable, de agua industrial,...). Estas desempeñan un papel importante en la comparación de las diferentes opciones técnicas (tipo de presa y obras anexas).

En las presas de materiales sueltos las obras anexas pueden resultar más caras que la misma presa; sin embargo, esto no sucede con las presas de concreto que generalmente resultan más caras que sus estructuras auxiliares.

Con los progresos de la ciencia y de la técnica, la economía y la seguridad están lejos de oponerse. Las soluciones tienden a ser más baratas y más seguras, pero ninguna presa está a salvo de la incertidumbre que va más allá de los límites de la ciencia.

### ***El medio ambiente.***

Es muy importante tomar en cuenta las incidencias sobre el medio ambiente que puede tener una presa:<sup>(ref. 7)</sup>

- Efectos físicos y biológicos, tales como los cuerpos flotantes, el transporte de sólidos, el transporte de agua salada, el efecto de la crecida del río sobre la fauna, la influencia sobre el clima, las alteraciones al nivel de aguas freáticas, los sismos inducidos,...

- Consecuencias sociales negativas tales como desplazamiento de poblaciones, ahogamiento de tierras cultivables y de sitios arqueológicos; aunque también hay aspectos positivos tales como mejoramiento del paisaje, el turismo y las diversiones, el desarrollo de la pesca y la prevención de incendios.

### 1.1.5. La energía hidráulica

Sólo hay dos formas de hacer girar un generador eléctrico: hidráulicamente y térmicamente. La energía eléctrica consiste en aprovechar las caídas de agua que se originan por la diferencia de altura del terreno, por lo tanto se trata de energía potencial.

La utilización de energía hidráulica data de la época de los griegos que empleaban la rueda hidráulica para bombear agua, llamada noria. Tanto la rueda hidráulica horizontal como la vertical se usaron en la Edad Media y el Renacimiento, no sólo en la agricultura, sino en las minas, en la industria textil y maderera y en el transporte. Entre 1835 y 1837 se inventó la primera turbina hidráulica, construida por el ingeniero Benoît Fourneyron. La palabra turbina la inventó el ingeniero francés Claude Burdin. En el año de 1881 se construyó en Godalming, Inglaterra, la primera planta hidroeléctrica y la producción de energía eléctrica a gran escala empezó en 1895, cuando se construyó la presa de 3.75 MW (megawatts) en las catáratas del Niágara.

Los niveles de operación de una presa son la altura que puede alcanzar el agua de acuerdo con las aportaciones de un río. En la figura 1 se ve el perfil de una planta hidroeléctrica y en esta aparecen los llamados niveles de operación.

**NAMINO:** Nivel de aguas mínimas de operación.

Es el límite inferior del nivel del agua en el vaso abajo del cual las turbinas no pueden trabajar.

**NDIS:** Nivel de diseño.

Este es el nivel que se presentará con mayor frecuencia durante el funcionamiento de la planta y corresponde a la carga para la que deben diseñarse las turbinas.

**NAMO:** Nivel de aguas máximas de operación.

El volumen almacenado aprovechable o "capacidad útil" se encuentra confinado entre este nivel y el NAMINO. El NAMO corresponde a la posición máxima de la superficie del agua en el vaso, en condiciones normales de operación. Cuando el

nivel del agua sobrepasa al NAMO se considera que se trata de una emergencia y, por tal razón, en ese nivel empiezan los derrames, es decir entra en funcionamiento la obra de excedencias.

**NAME:** Nivel de aguas máximas extraordinarias.

Esta es la posición mas elevada del embalse que se acepta en el proyecto. Sobre el NAME se deja un bordo libre de seguridad y así se alcanza la altura de la presa.

En la presa hay unas válvulas llamadas compuertas (obra de toma); cuando estas se abren permiten que el agua circule libremente, cayendo desde grandes alturas. La energía que inicialmente era potencial, ahora se transforma en energía cinética debido al gran chorro de agua que cae. Éste choca con los cangilones (especie de aspas en forma de cucharones con una estría en el centro, en el caso de la turbina Pelton) de una turbina, provocando que esta gire a gran velocidad. La turbina, a su vez, está unida a un generador de corriente eléctrica, parecido al generador de un coche, pero de grandes dimensiones y de esta forma se produce electricidad.

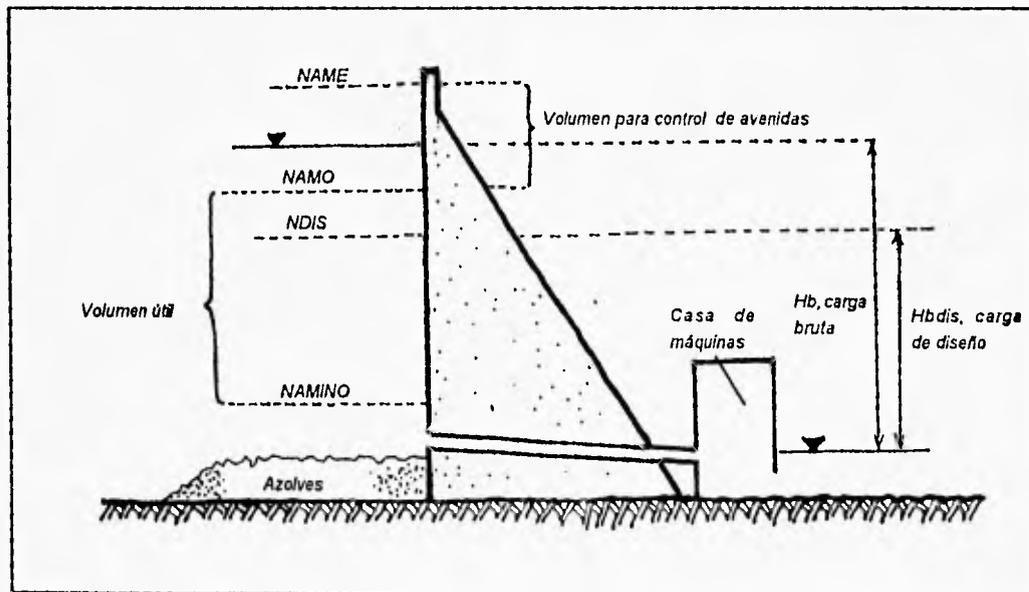


Figura 1. Niveles de operación

La potencia hidráulica desarrollada por el agua en movimiento es:

$$P_h = \gamma Q H$$

Donde  $\gamma$  es el peso específico del agua,  $Q$  es el gasto y  $H$  la carga.

Esta expresión representa la potencia teórica, que es la que posee el agua inmediatamente antes de ser utilizada por una turbina hidráulica. La potencia que es entregada por una turbina a un generador se llama potencia real. Dentro de la turbina hay pérdidas que se involucran en un factor  $\eta$  llamado eficiencia.

$$\eta = \frac{\text{Potencia al freno}}{\text{Potencia hidráulica}}$$

La potencia al freno de una turbina queda definida por:

$$P = \eta \gamma Q H$$

Existen dos tipos de turbinas: las de impulso que trabajan sometidas a la presión atmosférica y las de reacción cuyos rodets se encuentran sometidos a presiones diferentes a la atmosférica.

Para las turbinas de impulso, aplicando la ecuación de la energía, la carga tiene el valor de:

$$H = \frac{v^2}{2g} + hf_{1,2}$$

Para las turbinas de reacción aplicando la ecuación de la energía la carga tiene el valor de:

$$H = z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + hf_{1,2}$$

En principio existen 3 tipos de turbinas, la elección de estas depende generalmente de la carga y el gasto con los que se cuente. Para cargas de 2,200 metros hasta 150 metros y gastos menores a unos 30 m<sup>3</sup>/s se colocan turbinas

Pelton (que son de impulso), para cargas de 380 a 25 metros y gastos que van de los 30 m<sup>3</sup>/s a 200 m<sup>3</sup>/s se colocan turbinas Francis y para cargas que van de 6 a 70 metros y gastos grandes de hasta unos 500 m<sup>3</sup>/s turbinas Kaplan (estas dos últimas de reacción).

La verdadera capacidad de una instalación hidroeléctrica no es su potencia, debido a que ésta tiene un significado instantáneo, sino el tiempo que dicha potencia pueda sostenerse; es decir, la energía que la planta sea capaz de proporcionar durante un periodo determinado. A esta energía producida se le llama generación.<sup>(ref. 23)</sup>

Entre las ventajas que tiene una central hidroeléctrica está su alta eficiencia (entre 80 y 90%) y además no contamina. Entre las desventajas está la acumulación de sedimentos en el fondo del vaso de almacenamiento de la presa, por la erosión del agua, la cual ocasiona una reducción de la vida útil de la presa; además, son escasos los lugares adecuados para construirla.

En México aproximadamente el 35% de la energía eléctrica se genera con plantas hidroeléctricas.

## 1.2. BASE DE DATOS.

### 1.2.1. Conceptos básicos

#### *¿Qué es una base de datos?*

Una base de datos es simplemente una gran cantidad de información: el catálogo de una biblioteca, el registro de las transacciones y saldos de cuentas de un banco, el de los vuelos y las reservaciones en una línea aérea, un archivo policiaco y también en este caso, las grandes presas del mundo.<sup>(ref. 8)</sup>

Un programa para manejo de base de datos organiza y actualiza la información, y permite el acceso a ella.

#### *Hardware y Software*

Una microcomputadora es un procesador de información, con esta se puede almacenar, clasificar, comparar, combinar y presentar información a alta velocidad.

La microcomputadora más común es la PC (*Personal Computer* o computadora personal). Las PC se usan como computadoras personales independientes o como estaciones de trabajo y servidores de archivos en una red de área local. Las primeras PC de IBM usaban nombres como: XT o AT. También se les puede clasificar de acuerdo al modelo del CPU (Central Process Unity o unidad central de proceso) que es la parte que realiza la computación, es decir, procesa la información. En 1981 se lanzó el chip 8088 de Intel en las PC originales. En 1984 aparece el chip 286 que le da mayor velocidad a la máquina y permite crecer la memoria RAM. Al 286 le siguió el 386 y 386SX que permite realizar varias operaciones simultáneamente. En 1989 apareció el procesador 486, que tiene mayor velocidad y tiene un coprocesador matemático integrado. Además del CPU, las computadoras necesitan de un disco duro que es un dispositivo que permite guardar mucha información (desde 20MB hasta 1 GB), unidades de discos (3 1/2 pulgadas con una capacidad de 1.44 MB, 5 1/4 pulgadas con una capacidad de 0.7 MB y CD-ROM que

es un disco compacto tiene almacenada mucha información, hasta de 700 MB), modem que permite enviar o recibir información vía telefónica, una serie de circuitos que permiten la conexión de un monitor y de una impresora. La información se introduce generalmente a la computadora con un teclado o con un scanner que es un lector de gráficos. El usuario trabaja gracias a un monitor. El *mouse* o ratón es otro dispositivo que facilita el manejo de la máquina, este permite mover un cursor dentro de la pantalla. La impresora es un elemento fundamental ya que gracias a ella podemos sacar todo lo que vemos en la pantalla.. Pero no sólo se han mejorado los procesadores sino que también hay monitores con mejor definición y con millones de colores, así como impresoras a colores.

Con la aparición del Windows™ a finales de la década de los ochenta, el hacer operaciones tan sencillas como copiar un archivo o formatear un disquette se han vuelto extremadamente fáciles. Windows™ utiliza un ambiente gráfico y basta moverse con el ratón (*mouse*) dentro de la pantalla para realizar cualquier operación. Actualmente la mayoría de los programas necesitan de Windows™ para funcionar: procesadores de palabras, hojas de cálculo, juegos, bases de datos....

Hace algunos años el uso de una base de datos requería de bastante estudio; las primeras versiones de *dBase™* (introducido en 1981 por Ashton-Tate Corporation) requerían que el usuario aprendiera un lenguaje de programación; actualmente resulta mucho más sencillo crear una base de datos. En el tercer capítulo se explicará cómo consultar la base de datos que contiene información sobre las grandes presas del Mundo. Esta última está hecha en el programa *Microsoft Access 1.0 for Windows™* que requiere de una computadora 386SX con 8 MB de memoria RAM o cualquier versión de 486. Para utilizar este programa es indispensable que el usuario esté familiarizado con el Windows™ ya que sin el conocimiento del funcionamiento de éste sería muy difícil la utilización del *Microsoft Access™*.

Los datos de las presas están dentro de un disquette de 3 1/2, estos ocupan 0.5 MB. El programa *Microsoft Access™* necesita para poder instalarse 15 MB libres en el disco duro.

### **1.2.2. Criterios de selección para las presas contenidas dentro de la base de datos.**

Para que una presa sea considerada una gran presa debe cumplir con los siguientes requisitos establecidos por la Comisión Internacional de Grandes Presas: <sup>(ref. 9)</sup>

1. Presa con más de 15 metros de altura, medida desde el punto más bajo de la cimentación hasta la cresta.
2. Una presa de 10 a 15 metros de altura, que cumpla con por lo menos una de las siguientes condiciones:
  - a. Una longitud de cresta no menor de 500 metros.
  - b. La capacidad del vaso de almacenamiento no deberá ser menor de 1 millón de metros cúbicos.
  - c. La máxima descarga de la obra de excedencias no deberá ser menor a los 2,000 m<sup>3</sup>/s.
  - d. La presa deberá tener problemas particularmente difíciles en la cimentación.
  - e. La presa tiene un diseño fuera de lo común.

Como se verá más adelante todas las presas que aparecen en la base de datos cumplen fácilmente con estos requisitos.

***2. LOS TIPOS DE PRESAS Y  
SUS ESTRUCTURAS  
AUXILIARES***

### 2.1. Las presas de tierra y enrocamiento (de materiales sueltos o flexibles).

Las presas de tierra y enrocamiento son las más antiguas. Según los datos de la Comisión Internacional de Grandes Presas antes de 1900 existían 950 presas de este tipo en el Mundo con una altura mayor a 15 metros.<sup>(ref. 3)</sup> En este inciso se presentarán solamente las presas modernas.

Las presas de tierra y enrocamiento utilizan en su mayoría materiales naturales; el problema que presentan es la elección de éstos en función de los costos de extracción y de transporte. La elección del tipo de presa que se va a construir se tomará después de estudiar los materiales con los que se cuenta en las proximidades de la obra.

Los tipos de materiales con los que se puede trabajar van desde arcilla hasta rocas que pueden pesar varias toneladas, pasando por limos, arenas y gravas. Las arcillas bien compactadas son casi impermeables y las grandes rocas permitirán contrarrestar la presión del agua.

Si los materiales situados en la venciidad de la obra garantizan una buena compactación, condiciones de permeabilidad y estabilidad satisfactorias, entonces se deberá construir una presa de tierra de sección homogénea que es un macizo de tierra compactada (fig.2), cuya altura es considerable. También se recomienda colocarle una protección contra el oleaje y los movimientos del vaso

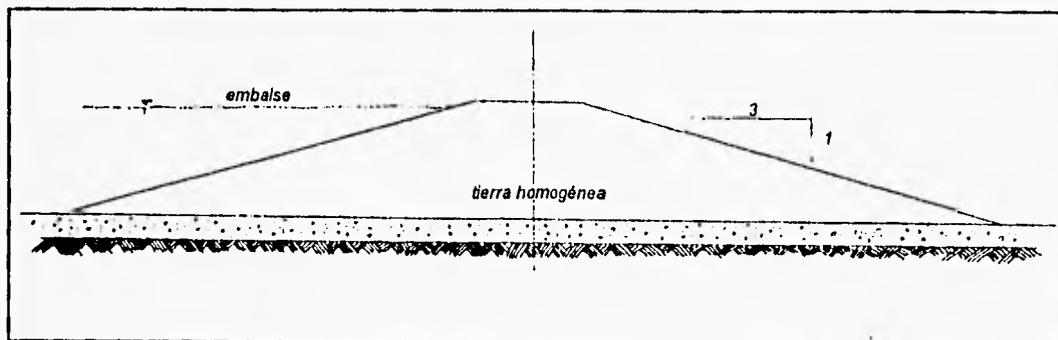


Figura 2. Presa de tierra de sección homogénea

en la parte alta del talud aguas arriba.

A veces, la heterogeneidad de los materiales disponibles o sus características

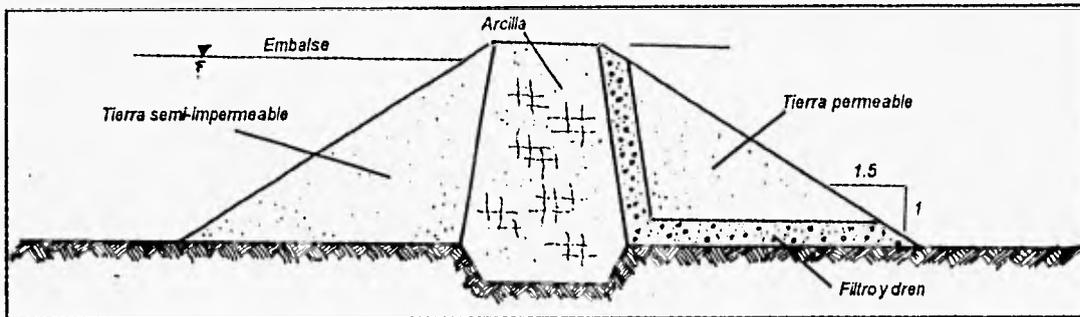


Figura 3. Presa de tierra de perfil zonificado o de relleno hidráulico.

geotécnicas no permiten realizar una presa de tierra de sección homogénea, entonces se realiza una presa de perfil zonificado (fig. 3), donde cada zona está formada por un tipo de material diferente, escogido en función del papel que va a desempeñar: arcilla en la parte central o núcleo, tierra semi-impermeable en la cara aguas arriba y tierra permeable en la cara aguas abajo. El proceso de realización de un corazón impermeable es bastante difícil, ya que puede llegar a faltar el material adecuado o se pueden presentar problemas en la compactación de éste.

El problema fundamental relativo a la ejecución de presas de materiales sueltos es la estabilidad, es decir la determinación del ángulo de inclinación de los taludes y el dominio de las presiones intersticiales (presiones producidas por la circulación del agua en la presa).<sup>(ref. 10)</sup>

Los principios elementales de la mecánica de suelos tales como el ángulo de fricción interna del material  $\phi$  y la cohesión  $C$  que son conocidos en los materiales de construcción, nos permiten determinar el coeficiente de seguridad.

Se deberán hacer estudios sobre la estabilidad del terraplén al final de la obra, después del llenado del vaso y para el caso de vaciado rápido de éste, tomando en cuenta la presión intersticial y las fuerzas de escurrimiento correspondientes.

Cuando la presa se encuentra en una zona sísmica, es necesario analizar su estabilidad bajo el efecto de sollicitaciones cíclicas en lo que concierne a las deformaciones permanentes de la obra y la disminución eventual de la resistencia de los materiales.

Las presiones intersticiales pueden llegar a tener valores muy elevados y es importante tomarlos en cuenta en el cálculo de la estabilidad del talud. Sin embargo éstas se disipan poco a poco gracias a la expulsión de agua al exterior del macizo. Mientras más impermeable es éste más lenta es la expulsión. Esta puede tardar meses e incluso años.

Los sismos generan presiones intersticiales dinámica y la acumulación de éstas puede provocar licuación de las arenas saturadas e insuficientemente densas en el interior de la presa o en su cimentación.

También existen las presas de tierra de relleno hidráulico, las cuales se empezaron a hacer en los Estados Unidos después de la segunda Guerra Mundial. Este método es muy económico y consiste en dragar materiales de todos los tamaños del lecho del río, posteriormente se mezclan con agua y se llevan en largas canalizaciones hasta los dos extremos del perfil de la presa en construcción. Los materiales gruesos se colocan primero, después se colocan los más finos en el centro de la obra para formar un núcleo impermeable, siendo el agua excedente evacuada por extractores. Un perfil racional se realiza completamente sólo, es decir, que los materiales se acomodan sin necesidad de utilizar maquinaria.

Desgraciadamente, este proceso a causado numerosas decepciones en el transcurso de la construcción de estas presas, porque en ocasiones la parte central arcillosa tiene mucha agua y las presiones intersticiales ejercen presiones excesivas sobre las partes vecinas. Esto provocó que la Presa de Fort Peck (terminada en 1940) sobre el Río Missouri (estado de Montana) y que tiene un volumen de tierra de 96 millones de metros cúbicos (primer lugar mundial en este campo y tiene una altura de 76 metros) tuviera un deslave durante su construcción de varios millones de metros cúbicos.<sup>(ref. 11)</sup>

Desde finales de la segunda Guerra Mundial la técnica del relleno hidráulico quedó en desuso y fue reemplazada por la compactación (salvo algunas excepciones como en la ex-URSS, sobre el Río Volga). Gracias a las grandes máquinas compactadoras que existen en la actualidad, es posible construir con esta técnica presas grandes y estables en condiciones bastante económicas. Por otro lado el grado de compactación y la cantidad de agua en la tierra -que se definieron en el proyecto- se obtienen con gran precisión.

En el laboratorio el ingeniero determina para diversos valores de la energía de compactación, el volumen de agua óptimo para obtener la máxima compactación del material.

Una presa de enrocamiento es básicamente un "inmenso montón de piedras"; el peso del macizo rocoso cumple con la función de soportar el empuje del agua. Como este gran muro de rocas no es impermeable es necesario añadirle un sistema que lo haga impermeable. Para este tipo de presas esta última característica es la parte más delicada de la obra, ya que el enrocamiento no tiene cohesión y la estabilidad de la presa está asegurada por la fricción existente entre las rocas.

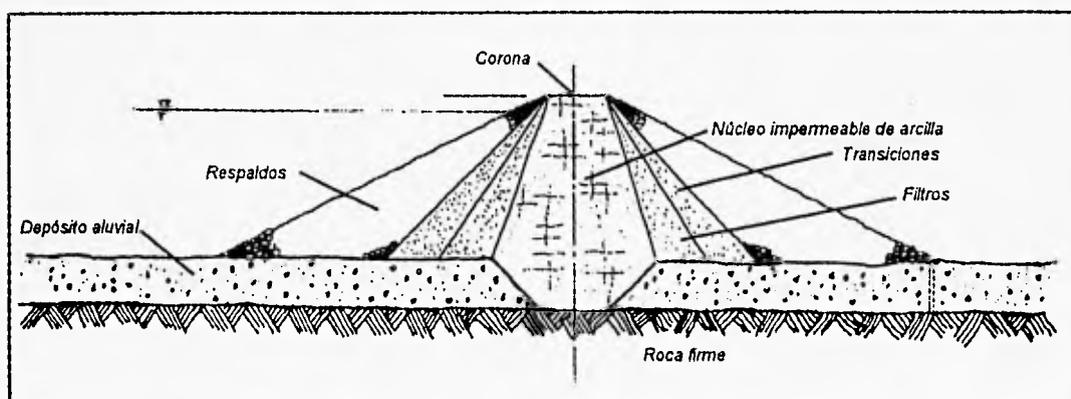


Figura 4. Presa de tierra y enrocamiento o de materiales graduados.

Existen dos tipos de presas de enrocamiento: las de materiales graduados que tienen un núcleo impermeable como la Angostura en el estado de Chiapas (fig. 4) o las que tienen un manto impermeable como Aguamilpa en el estado de Nayarit (fig. 5). El problema principal que genera una presa de enrocamiento es el amontonamiento de las rocas. Es evidente que la parte impermeable de la presa es menos deformable que el macizo, sobre todo si este es un paramento de concreto, pero también presenta problemas cuando es el sostén de un núcleo de tierra. Este corre peligro de fisurarse a causa de los desplazamientos del enrocamiento. Por lo que es necesario acomodar bien las rocas para evitar al máximo amontonamientos posteriores.<sup>(ref. 12)</sup>

Es importante que los materiales estén bien graduados para aumentar los

puntos de contacto entre estos, las rocas se suelen rociar con agua para que las piedras pequeñas se acomoden en los espacios que se forman entre éstas.

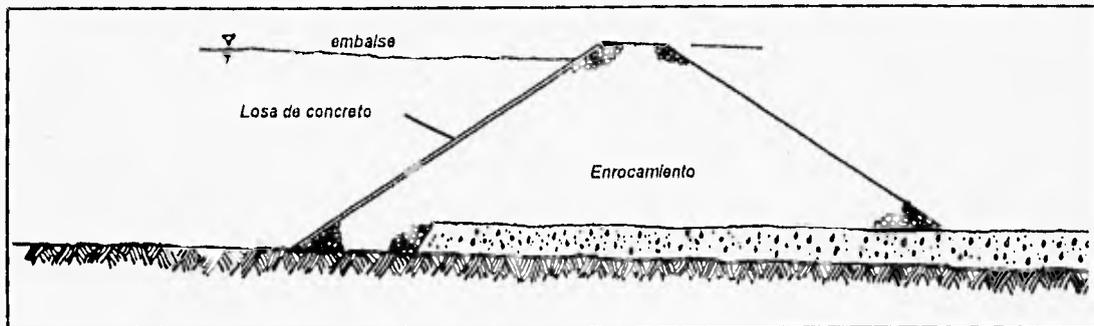


Figura 5. Presa de tierra y enrocamiento con pantalla de concreto aguas arriba.

La cara de concreto está formada por placas de 10 a 15 metros de ancho que están articuladas entre ellas mediante juntas de caucho. En Estados Unidos muchas presas están equipadas con una protección de lamina de acero, que resiste muy bien la corrosión.<sup>(ref. 6)</sup>

## 2.2. Presas de concreto o mampostería (de materiales cementados o rígidas).

### *Presas de gravedad.*

Las presas de gravedad modernas tienen por lo general forma de triángulo rectángulo, formando su hipotenusa el paramento aguas abajo (fig. 6). La base mide aproximadamente  $\frac{3}{4}$  de la altura. Las presas de gravedad resisten el empuje del agua gracias a su propio peso. Las principales fuerzas que actúan sobre una presa de gravedad son el empuje del agua, el peso de la presa y la reacción de la cimentación. También es necesario tomar en cuenta el empuje ocasionado por los azolves sobre el paramento aguas arriba, el del hielo en regiones con climas extremos, las fuerzas sísmicas y en particular la fuerza ocasionada por la subpresión.

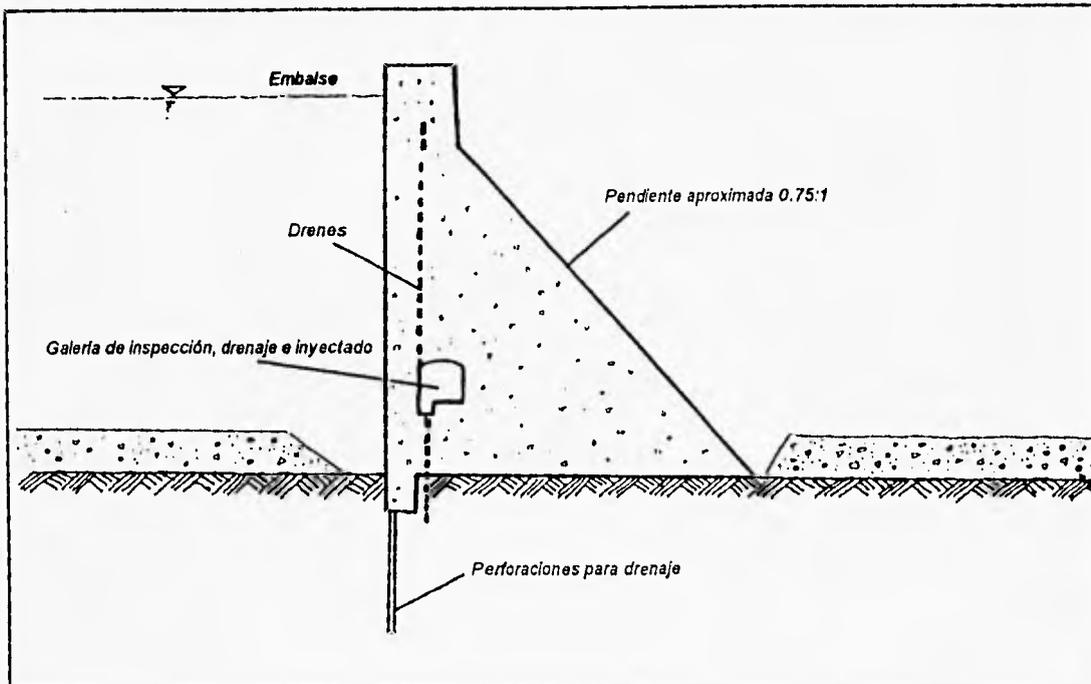


Figura 6. Presa de gravedad

Para reducir la intensidad de ésta última que puede llegar a levantar a la presa, es necesario obstruir el paso del agua en el subsuelo con inyecciones de cemento hasta una profundidad suficiente, tomando en cuenta la geología de la cimentación de la presa o también se puede disminuir la subpresión a través de drenes.

El agua también se puede infiltrar dentro de la presa; esto se debe a las imperfecciones en el proceso constructivo, por lo que es necesario construir drenes y galerías de drenaje en el interior de ésta.<sup>(ref. 13)</sup> Estos permiten extraer el agua que se infiltra, evitar las subpresiones e inspeccionar el interior de la presa. Las galerías y drenes conducen el agua hacia los extremos de la presa con la finalidad de evacuarla.

El perfil triangular se ha utilizado desde principios del siglo XX. Las presas antiguas, como las presas españolas del siglo XVI y XVII tenían más volumen y eran inútilmente espesas. Pero en la segunda mitad del siglo XIX empezó a tomar forma la teoría estática de las presas de gravedad con los estudios de M. de Sazilly (1853), M. Delocre (1865) y Rankine (1872). Estos autores trazaron los perfiles

donde la resistencia al deslizamiento está asegurada en el plano de la cimentación, pero desconocían los efectos de la subpresión. En el año de 1895, la presa de Bousey en los Vosgos (Francia) con una altura de 20 metros y hecha de mampostería falló a causa de la subpresión. En ese mismo año, el francés M. Levy publicó el primer tratado sobre los efectos de la subpresión en la base de las presas y de las presiones intersticiales en el cuerpo de éstas.<sup>(ref. 14)</sup>

El perfil triangular mostrado en la figura 6, con sus drenes y sus galerías de visita, es el mismo a lo largo de toda la presa, pero hay que cortarlo cada 15 metros aproximadamente con un junta que absorba las contracciones y dilataciones térmicas. El efecto térmico es causado por el calor que libera el concreto después de ser colado. La temperatura en el interior de la presa aumenta varias decenas de grados y mientras más espesa es la presa el calor tarda más en disiparse. El período de contracción se mide en meses e incluso hasta en años. Si no se colocaran cortes transversales se producirían fisuras durante esta contracción.

Existen muchas formas de reducir el aumento de la temperatura o de acelerar el enfriamiento: se puede limitar la altura de las capas sucesivas de concreto con interrupción de dos o tres días del colado del mismo bolque; o bien, como sucede en los países cálidos, se deben enfriar los materiales empleando hielo en el mezclado del concreto o enfriar el concreto endurecido con circulación de agua fría en una red de tubos, colocados con este fin en el momento del colado. Las juntas se llenan con láminas de caucho o policloruro de vinilo PVC.<sup>(ref. 15)</sup>

### ***Presas-bóveda.***

Una presa bóveda es la que está apoyada en las laderas del valle para transmitir a éste los esfuerzos provenientes del empuje del agua (figuras 6 y 7). Su modo de resistencia es diferente al de una presa de gravedad; en una presa bóveda la resistencia mecánica del concreto y de la roca de apoyo comparada con el empuje del agua son los factores que constituyen el criterio de seguridad. El coeficiente de seguridad en estas presas es muy alto, mínimo 3 ó 4 y esto hace que las presas bóveda sean las obras más seguras hechas por el hombre. En 1963 a causa de una avalancha de 350 millones de metros cúbicos en el lago formado por la presa de Vajont, en Italia, con una altura de 262 metros, ésta soportó un desbordamiento de agua de 200 metros de altura seguido por un desbordamiento prolongado de 15 metros de altura.

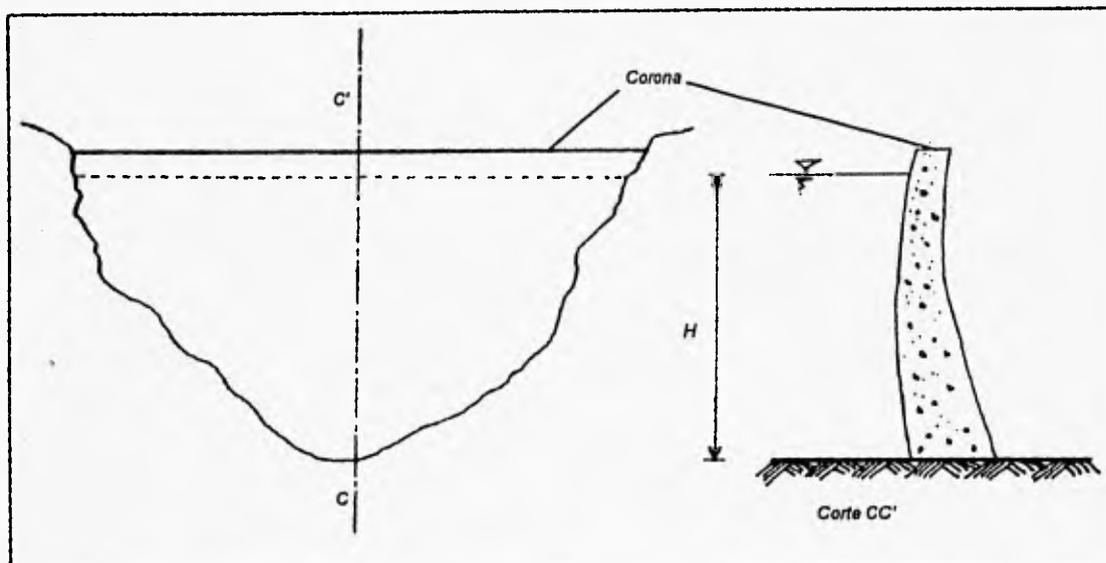


Figura 6. Presa-Bóveda o de arco-gravedad.

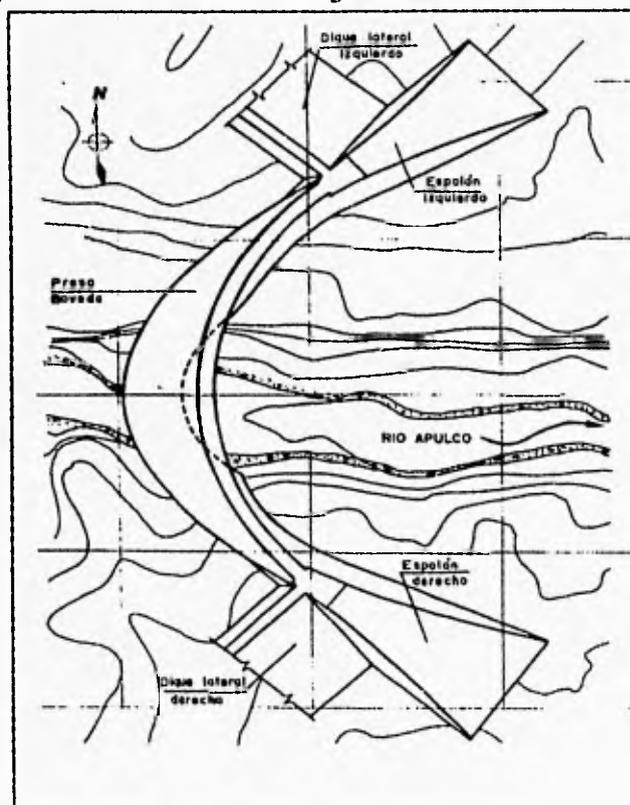


Figura 7. Planta de la presa-bóveda de La Soledad, Edo. de México.

El cálculo de una presa bóveda es muy complejo si se quiere abordar con todo rigor, ya que la obra está empotrada en la roca, en el lecho del río y en las laderas del valle, siendo altamente hiperestático. De hecho sólo se puede resolver el problema efectuando un recorte más o menos parecido a los elementos accedibles de cálculo.

Los cálculos más rústicos garantizan altos niveles de seguridad. En California, donde se construyeron a principios de siglo muchas presas bóveda, éstas se calcularon de manera sencilla y ninguna de ellas causó problema alguno. Pero los progresos en los métodos de cálculo dieron lugar a un mejor conocimiento de la repartición de los esfuerzos, a un ahorro en los materiales de construcción y a la construcción de obras más altas y más largas.

El volumen de una presa bóveda es generalmente de un tercio a dos tercios del volumen de una presa de gravedad. Las presas bóveda también presentan problemas de contracción del concreto en el momento del colado, por lo que es necesario colar en bloques que una vez terminados se deberán unir con concreto. Esto se hace para asegurar que la presa transmita los esfuerzos al terreno.<sup>(ref. 16)</sup>

### ***Presas de contrafuertes.***

Una presa de contrafuertes está formada de dos elementos fundamentales (fig. 8):

- Una serie de muros paralelos, generalmente de perfil triangular, orientados en el sentido de la corriente, más o menos espesos y más o menos espaciados, resistiendo al empuje del agua gracias a un equilibrio estático muy similar al de una presa de gravedad.
  
- Un cerramiento (machón) de contrafuertes, que transmite a éstos el empuje del agua; y que puede estar constituido por losas planas (del tipo Ambursen utilizado frecuentemente en las presas de pequeña altura), por bóvedas con forma cilíndrica, o por el aumento del espesor de los contrafuertes en sus extremidades con la finalidad de que formen una pared continua.

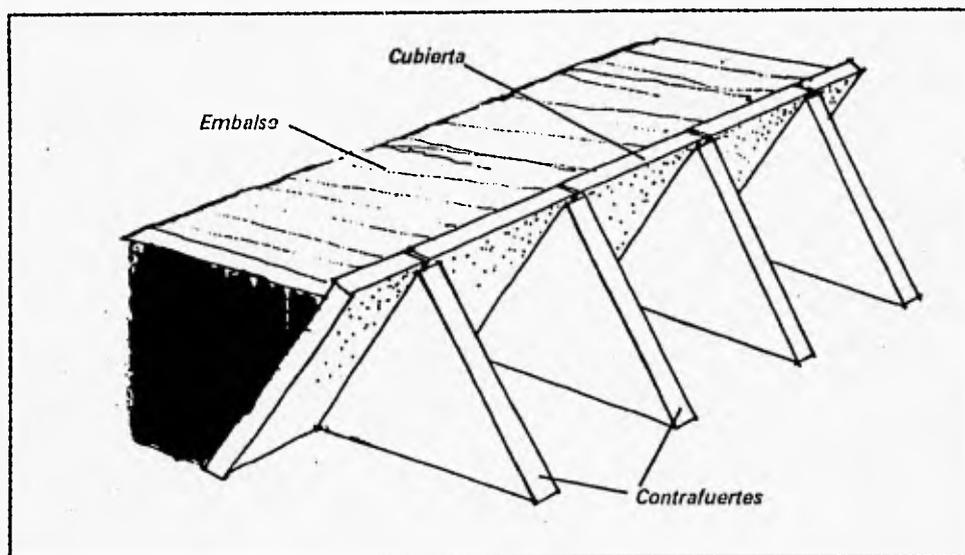


Figura 8. Presa de contrafuertes

Como se ve en la figura 8, el paramento aguas arriba del contrafuerte presenta una fuerte inclinación, mientras que una presa de gravedad es vertical. La ventaja de esta disposición es que se hace que participe al peso del agua en la estabilidad de la obra; esto permite una reducción considerable del peso del concreto necesario y del volumen de la obra. Si la inclinación del paramento aguas arriba es de  $45^\circ$ , el volumen de una presa de contrafuertes es el 20% del de una presa de gravedad. Para un paramento de  $60^\circ$ , esta relación es del 50%.

Las superficies de contacto concreto-roca sobre las cuales actúa la subpresión, son de pequeña extensión y están limitadas a la cimentación de las bóvedas y a la extremidad aguas arriba de los contrafuertes. El drenaje de la roca se efectúa con mucho más facilidad y certeza que bajo la masa de una presa de gravedad.

En lo que toca a la distancia entreejes  $L$  de los contrafuertes, las obras en servicio presentan una gama de soluciones extremadamente extensa. Para los contrafuertes con extremidad aumentada, se les separa de 15 a 20 metros. Para las presas con múltiples bóvedas, hay todo tipo de soluciones, desde contrafuertes con unos cuantos decímetros de espesor y separados 5 o 6 metros, hasta contrafuertes anchos de varios metros separados con intervalos de 50, 60 u 80 metros. La tendencia actual es hacer largos entreejes. <sup>(ref. 17)</sup>

### ***Presas de concreto rodillado.***

Desde hace muchos años el concreto ha sido utilizado para mejorar las cualidades geotécnicas de ciertos terraplenes, es decir, soportes de calzadas. También se utiliza mezclado con arena para revestir canales de irrigación.

Los progresos registrados después de la segunda Guerra Mundial en lo que se refiere a la maquinaria de compactación y a un mejor conocimiento teórico de las presa de materiales sueltos, condujeron a una preponderancia de este último tipo de presas. Es por eso que en los años setenta, muchos especialistas del concreto se esforzaron por concebir procesos que permitieran a las economías pobres la construcción de presas de concreto.

En los años setenta aparece el concreto rodillado, esencialmente constituido por un terraplenado de gravas y piedras de granulometría adecuadas, con un contenido de cemento transportado, descargado, expandido y compactado como terraplén. Si se hace con el cuidado adecuado el cemento cumple con su función de aglutinante y se obtiene una calidad final correcta.

Dos principios se han desarrollado: la utilización del concreto rodillado como un concreto pobre para realizar el interior de las presas de gravedad con el fin de reducir el costo y la concepción de presas del tipo semi-rígidas, enriquecidas con cemento que son una mezcla de las presas de gravedad y las presas de tierra.<sup>(ref.18)</sup>

### **2.3. Estructuras Auxiliares.**

Una presa siempre está acompañada de obras anexas que sirven para evacuar el agua en exceso dentro del vaso, el vaciado del agua del vaso y la toma del agua. La planta hidroeléctrica o casa de máquinas (turbinas, generadores, etc.) pueden estar fuera, lejos de la presa o dentro del cuerpo de ésta. Por otro lado durante la construcción de la presa es necesario desviar el agua del río.

### *Obra de Excedencias.*

Lo peor que le podría pasar a una presa es el ser sobrepasada por la crecida de un río. Esto sucede cuando una presa no tiene una estructura que le permita sacar el agua excedente en el vaso. En marzo de 1960 la presa de Óros en Brasil que estaba parcialmente construída, fue sobrepasada por una inesperada crecida del río Jaguaribe causado por fuertes lluvias. A pesar de los heroicos esfuerzos para prevenir el desastre, el nivel del agua sobrepasó un metro la cresta de la presa, y el agua arrastró aproximadamente la mitad del volumen de ésta. Este desastre provocó que se tuvieran que despalazar 100,000 gentes que vivían aguas abajo.

Las crecida de un río es un fenómeno aleatorio que obedece a las leyes de la de la naturaleza y se puede manejar de manera estadística. Desgraciadamente los datos con los que se cuenta actualmente son muy pocos y es indispensable, sobre todo si la presa es de materiales sueltos, diseñar una obra de excedencias que pueda evacuar el agua sin mayor riesgo. También es importante que en el momento de descargar una avenida muy grande no se mande aguas abajo mucha más agua de la que puede llevar el río. La obra de excedencias tiene que evitar que el nivel del vaso de almacenamiento suba mucho y disminuye el riesgo de

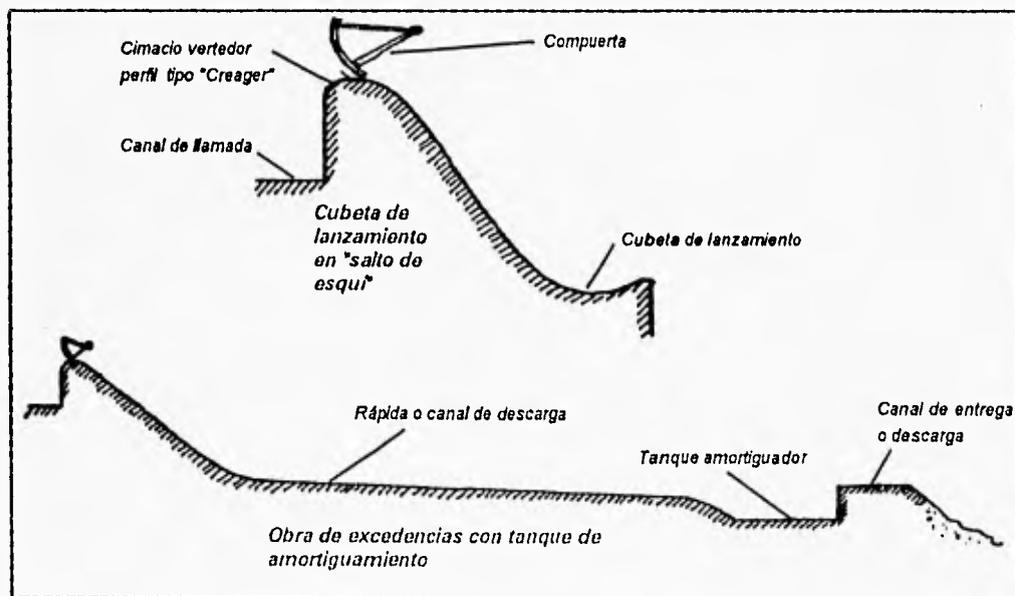


Figura 9. Tipos de obra de excedencias

sobrepasar el nivel de la cresta de la presa. Las presas bóveda tienen la característica de ser muy resistentes; en éstas los márgenes de seguridad manejados para la obra de excedencias pueden ser menores.

El perfil de los vertedores tiene que ser trazado de forma que se parezca a la cara inferior de una lamina de agua delgada. El agua tiene que pegarse al perfil del vertedor para evitar que se quede aire atrapado entre la lamina de agua y el vertedor: este aire atrapado puede causar cavitación (presiones negativas) que podrían dañar a vertedor.

Generalmente los vertedores tienen compuertas que pueden llegar a ser inmensas, hasta 20 metros de altura. Pero no basta con guiar el agua hasta la parte baja de la presa, hay que depositarla en el río sin destruir el terreno sobre el cual esta apoyada la presa. Una descarga de 1,000 m<sup>3</sup>/s (que es una descarga bastante modesta para muchos ríos) que baja 100 metros, desarrolla una potencia de 1 millón de kilowatts que tiene que disiparse de alguna manera.

Una solución original, bastante sencilla y económica, es la descarga con cubeta de lanzamiento en "salto de esquí" (fig. 9) que consiste en lanzar el agua lejos de la zona donde está apoyada la presa. Erosionar el lecho del río a 50 metros de la presa no representa gran riesgo. No hay mejor amortiguador para el agua descargada que hacerla caer en un recipiente inundado.<sup>(ref. 19)</sup>

Otra solución es la del tanque amortiguador; esta obra toma el agua en exceso en la presa con un régimen subcrítico y la deposita en el río con el mismo régimen (fig. 9).

### ***Obra de toma.***

La obra de toma sirve para extraer agua del vaso y llevarla ya sea a la red de irrigación o de abastecimiento de agua potable, o a la planta hidroeléctrica. La obra de toma tiene que funcionar para cualquier nivel del vaso. En las presas de materiales sueltos se tiene a veces una torre de toma situada agua arriba de la presa, provista de orificios con compuertas en diferentes niveles.<sup>(ref. 20)</sup>

Es importante mencionar que hay dos tipos de obra de toma; la de hidroeléctricas donde no es necesario controlar el gasto y la de riego y abastecimiento de agua potable donde se requiere de válvulas para sacar agua cuando se necesite.

La posición de la obra de toma, que señala el límite superior del volumen necesario para que se acumulen los azolves durante la vida útil de la presa, se define en función de dicha vida útil, la cual normalmente se considera de unos 50 años. El volumen de azolves se determina con base en registros históricos de arrastre de sedimentos en el río y a partir de la posible existencia de presas localizadas aguas arriba del sitio en cuestión y que retienen parte del material arrastrado.<sup>(ref.23)</sup>

### *Casa de máquinas.*

Una planta hidroeléctrica consta de dos elementos principales: la casa de máquinas y la subestación elevadora. La casa de máquinas puede ser exterior o subterránea.

La casa de máquinas tiene, en general, dos niveles: planta alta o piso de generadores y planta baja o piso de turbinas.

En el piso de generadores se encuentran estos aparatos con sus reguladores de velocidad, y en la parte superior se instala una grúa viajera que se utiliza durante el montaje y también para hacer reparaciones, tanto de los generadores como de los rodetes. Por esta última razón el techo de la casa de máquinas debe ser lo suficientemente alto para que la grúa pueda transportar libremente los rotores o los rodetes por encima de los que están ya colocados.

En el piso de turbinas se encuentran la espiral de alimentación, el distribuidor y el rodete de las máquinas. La espiral y el tubo de aspiración están embestidos en una gran masa de concreto ciclópeo que tiene la finalidad de absorber las vibraciones.<sup>(ref.23)</sup>

### *Obra de vaciado.*

La mayor parte de las presas de almacenamiento deberían estar provistas de una obra de vaciado ubicado en el fondo del vaso y con una capacidad mayor que la obra de toma. La finalidad de este dispositivo es el de permitir el vaciado de la presa con el objetivo de dar mantenimiento a ésta o a las obras anexas. En las grandes presas basta con bajar el nivel del agua para disminuir el empuje de esta sobre la presa.<sup>(ref. 6)</sup>

## **2.4. Supervisión y mantenimiento.**

El objetivo principal de las medidas de supervisión y mantenimiento de una presa es el de mantener su funcionamiento dentro de buenas condiciones de seguridad. La supervisión y auscultación son anteriores a toda operación de mantenimiento y deben realizarse desde el comienzo de la obra.

### ***Supervisión.***

Generalmente la supervisión se realiza durante la construcción de la presa, ésta tiene que ser sistemática y debe consistir en la ubicación de zonas donde podrían presentarse fugas y consecuentemente deformaciones y fisuras. La auscultación tiene que ser precisa, sobre todo si la presa presentó, durante su construcción, dificultades particulares, o cuando sus dimensiones son importantes. Los principales dispositivos de auscultación pueden estar clasificados dentro de cinco categorías: medición de desplazamientos superficiales mediante procesos topográficos; medición de desplazamientos internos mediante el uso de inclinómetros para las presas de materiales sueltos y péndulos para las presas de concreto; medición de las deformaciones locales mediante el uso de extensómetros en las cimentaciones rocosas y las presas macizas de concreto y medición de los fenómenos hidráulicos (medición de los gastos de fuga, piezómetros para la medición de las presiones intersticiales, medición de los esfuerzos y de las temperaturas).

### ***Mantenimiento.***

El mantenimiento de una presa puede ser muy variado (tapar fisuras por medio de inyección, mejoramiento del drenaje, sanamiento de la cara de concreto aguas arriba, mantenimiento de los terraplenes,...).

En el vaso de la presa es necesario desazolvar (es decir, reducir el volumen de los materiales asentados en el fondo del vaso), eliminar la vegetación que se forma (lirio acuático), controlar las fugas, cuidar que no se derrumben las orillas del vaso,...<sup>(ref. 21)</sup>

### ***3. MANEJO Y CONTENIDO DE LA BASE DE DATOS***

### 3.1. Manejo de la base de datos

#### *Iniciar Windows y Access.*

1. Encienda su computadora.
2. En el indicador de mandatos, escriba **win**.
3. En la ventana del administrador de programas haga doble clic en el icono del grupo Microsoft Access.
4. Haga doble clic en el icono del programa Microsoft Access (véase figura 10).

#### *Abrir la base de datos PRESAS.*

1. Desde el menú File, elija Open Database (Abrir base de datos). Aparecerá el cuadro de diálogo Open Data Base
2. Introduzca el disquette en la unidad A y seleccione en Drives (Unidades de disco) el disco A:.
3. Haga doble clic en PRESAS.MDB que se encuentra en la lista File Name. En la ventana de Microsoft Access aparecerá la ventana DataBase (Base de Datos) para la base de datos Presas.

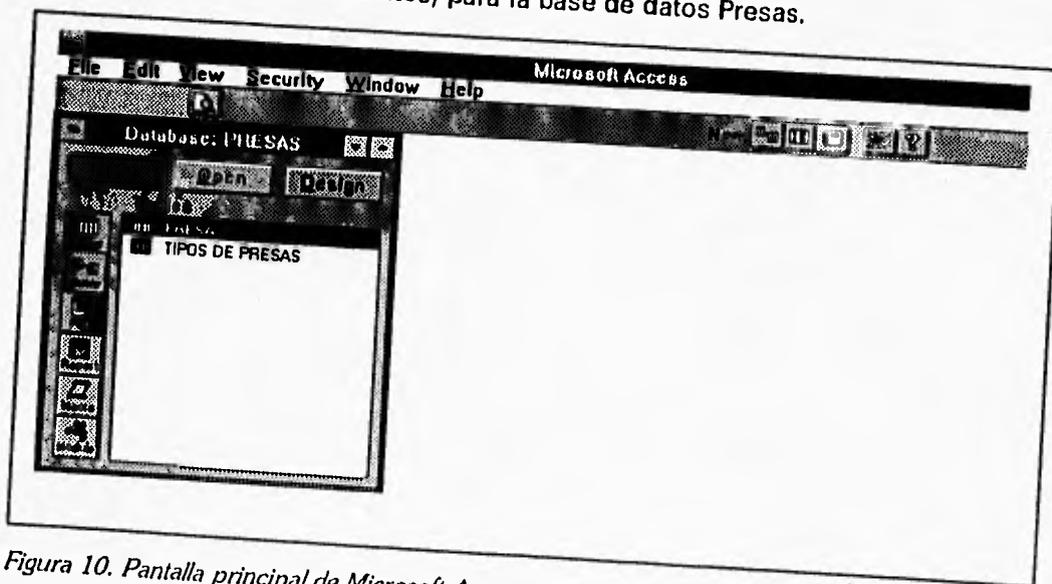


Figura 10. Pantalla principal de Microsoft Access

La ventana Database muestra las tablas que almacenan los datos sobre algunas de las grandes las presas del Mundo. Desde la ventana Database, se pueden abrir y trabajar con cualquier objeto de la misma. Para trabajar con una tabla, haga doble clic en el nombre de la tabla (table) deseada. Para trabajar con cualquier otro tipo de objeto, haga clic en el botón del objeto deseado. Por ejemplo, para trabajar con un formulario (form), se debe hacer clic en el botón del objeto formulario. Microsoft Access visualizará una lista de formularios de la base de datos.

### Búsqueda de información.

#### Abrir un formulario.

Haga clic en el botón form (formulario) de la ventana Data base, y haga doble clic en el formulario PRESA.

Se abre el formulario y aparece el primer registro (fig. 10)

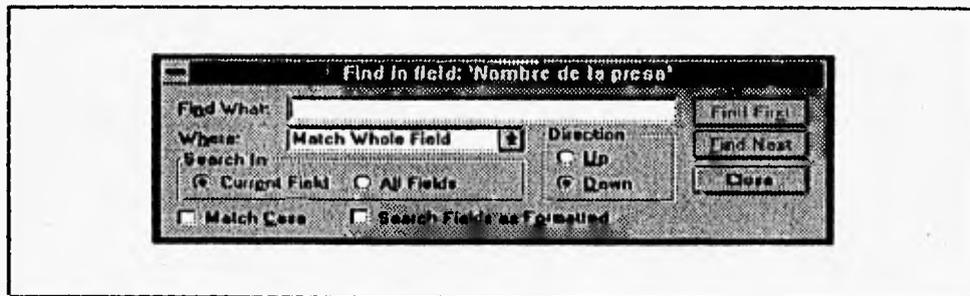
The screenshot shows the Microsoft Access interface with a form titled 'DATOS GENERALES' open. The form contains the following data:

Field	Value
Nombre de la presa:	Aguamilpa
Ciudad:	Santiago
País:	México
Año de terminación:	1994
Tipo de presa:	Enrocamiento
Altura (metros):	107
Longitud de cresta (metros):	642
Volumen (millones de metros cúbicos):	14.000
Capacidad del vaso (millones de metros cúbicos):	6.950
Potencia (MW):	900
Datos Adicionales: Presa de enrocamiento (roca aluvión) con cara de concreto aguas arriba. La obra de excedencias está diseñada para descargar un gasto de 14.904 m <sup>3</sup> /s y tiene 6 compuertas radiales.	

Figura 10. Formulario de datos generales

*Ejemplo de cómo encontrar las presas que se encuentran en los Estados Unidos.*

1. Haga clic en el campo País.  
No es necesario seleccionar el nombre completo, simplemente haga clic en cualquier parte del campo.
2. Haga clic en el botón Find (Buscar, el icono donde aparecen unos binoculares) de la barra de herramientas.  
Aparecerá el cuadro de diálogo Find in field (Buscar en campo). (fig. 11)
3. Escriba Estados Unidos en el cuadro Find What (Buscar qué).



*Figura 11. Ventana de búsqueda*

4. Elija el botón Find first (Buscar primero).  
Microsoft Access encuentra una dirección que contiene "Dworshak".
  5. Elija el botón Find next (Buscar siguiente).  
Microsoft Access encuentra un registro que contiene "Grand Coulee".
- Repitiendo la operación 5 Microsoft Access seguirá buscando todas las direcciones donde aparezca Estados Unidos dentro del campo País.

### ***Salir de Microsoft Access.***

Después de cerrar la forma, haga doble clic en el cuadro del menú Control de la Ventana *Microsoft Access* o bien elija Exit (Salir) en el menú File (Archivo). Esta orden sale de *Microsoft Access*.

### **3.2. Datos que se obtuvieron para cada presa.**

Cuando se busca información sobre alguna presa en especial o se encuentra un listado de presas, es común encontrar los mismos datos generales, mismos que son suficientes para darse cuenta del tamaño y de la importancia de una presa.

A continuación se enumeran los datos que acompañan a cada presa mencionada dentro de la base de datos:

- Nombre
- Río sobre el cual esta construida la presa
- País o países en los cuales se encuentra la presa
- Año de terminación
- Tipo de presa; aquí se menciona de qué materiales y cómo está hecha la presa, por ejemplo: enrocamiento; tierra; gravedad; presas-bóveda, etc...
- Altura de la presa
- Longitud de cresta
- Volumen de la presa
- Capacidad del vaso de almacenamiento
- Potencia generada; para el caso de las hidroeléctricas.
- Datos adicionales; muchas presas por su tamaño, por estar en México o por la complejidad de sus estructura son mencionadas por algunos autores e incluso aparecen en cualquier enciclopedia; en este último apartado se proporcionan datos técnicos adicionales o se mencionan datos curiosos relacionados con su diseño o construcción.

### 3.3. Contenido de la base de datos.

Las presas que a continuación se citan se consideran las más importantes del mundo y de México. Por motivos de espacio aquí no aparecen todas las presas (208 en total) sin embargo pueden consultarse en la base de datos. Las presas aparecen ordenadas alfabéticamente.

Nombre: ***Aguamilpa***

Río: **Santiago**

País: **México**

Año de Terminación: **1994**

Tipo de Presa: **Enrocamiento**

Altura : **187 m**

Longitud de Cresta : **642 m**

Volumen de material: **14,000 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **6,950 E6 m<sup>3</sup>**

Potencia: **960 MW**

**Datos adicionales:** La presa de Aguamilpa está hecha de enrocamiento (rocaluvi6n) con cara de concreto aguas arriba. El R6o Santiago tiene un gasto medio de 198 m<sup>3</sup>/s, la cuenca de este tiene un 6rea de 75,651 km<sup>2</sup>. La obra de excedencias est6 compuesta por 6 compuertas radiales de 12x19.50 m y est6 dise6ada para un gasto de 14,984 m<sup>3</sup>/s. La presa de Aguamilpa fue construida por la CFE y tiene el objetivo de generar electricidad y controlar las excedencias del R6o Santiago.

Nombre: ***Akosombo***

Río: **Volta**

País: **Ghana**

Año de Terminación: **1993**

Tipo de Presa: **Enrocamiento**

Altura: **141 m**

Longitud de Cresta: **671 m**

Volumen de material: **7,991 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **153,000 E6 m<sup>3</sup>**

Potencia: **912 MW**

**Datos Adicionales:** La Presa de Akosombo es una presa multiusos: riego, abastecimiento de agua potable, pesca (15,000 toneladas por año), navegación. La administra por la compañía Volta River Authority.

Nombre: ***La Angostura***

Río: **Grijalva**

País: **México**

Año de Terminación: **1974**

Tipo de Presa: **Enrocamiento**

Altura: **144 m**

Longitud de Cresta: **300 m**

Volumen de material: **4,400 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **18,000 E6 m<sup>3</sup>**

Potencia: **540 MW**

**Datos Adicionales:** El propósito de la presa de La Angostura es el del control de avenidas y la generación de electricidad. El Río Grijalva tiene un gasto máximo registrado de 3820 m<sup>3</sup>/s y su cuenca tiene un área de 18,000 km<sup>2</sup>. La obra de excedencias está diseñada para una avenida de 4500 m<sup>3</sup>/s. La presa fue construida por la Comisión Federal de Electricidad (CFE).

Nombre: ***Asuán (Aswan)***

Río: **Nilo**

País: **Egipto**

Año de Terminación: **1970**

Tipo de Presa: **Tierra y enrocamiento**

Altura: **111 m**

Longitud de Cresta: **3,830 m**

Volumen de material: **44,300 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **168,900 E6 m<sup>3</sup>**

Potencia: **2,100 MW**

**Datos Adicionales:** La presa de Asuán es una presa multiusos: hidroeléctrica, irrigación, navegación y pesca. La construcción de esta presa provocó el desplazamiento de 90,000 personas y el traslado piedra por piedra a un lugar seco de las ruinas del templo de Abu Simbel. Asuán es la única presa que existe sobre el río Nilo.

Nombre: ***Bath County, Upper***

Río: **Back Creek**

País: **Estados Unidos**

Año de Terminación: **1985**

Tipo de Presa: **Tierra y enrocamiento**

Altura: **143 m**

Longitud de Cresta: **731 m**

Volumen de material: **18,000 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **44 E6 m<sup>3</sup>**

Potencia: **2,100 MW**

Nombre: ***Bhakra (Gobind Sagar)***

Río: **Sutlej**

País: **India**

Año de Terminación: **1963**

Tipo de Presa: **Gravedad**

Altura: **226 m**

Longitud de Cresta: **518 m**

Volumen de material: **4,130 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **9,868 E6 m<sup>3</sup>**

Potencia: **1,050 MW**

Nombre: ***Bratsk***

Río: **Angara**

País: **Rusia**

Año de Terminación: **1961**

Tipo de Presa: **Tierra**

Altura: **127 m**

Longitud de Cresta: **4,417 m**

Volumen de material: **9,563 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **169,270 E6 m<sup>3</sup>**

Potencia: **4,500 MW**

**Datos Adicionales:** presa hidroeléctrica. El río Angara tiene un gasto medio de 4,500 m<sup>3</sup>/s, la cuenca tiene un área de 1,045,000 km<sup>2</sup>. Sobre este río se encuentran las Presas de Irkous y Ust-Ilimsk que generan 660 y 4320 MW respectivamente.

Nombre: **Chicoasén**

Río: **Grijalva**

País: **México**

Año de Terminación: **1982**

Tipo de Presa: **Tierra y enrocamiento**

Altura: **245 m**

Longitud de Cresta: **584 m**

Volumen de material: **14,500 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **1,613 E6 m<sup>3</sup>**

Potencia: **1,500 MW**

Nombre: **Chirkey**

Río: **Sulak**

País: **Rusia**

Año de Terminación: **1978**

Tipo de Presa: **Presa-Bóveda**

Altura: **233 m**

Longitud de Cresta: **333 m**

Volumen de material: **1,358 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **2,780 E6 m<sup>3</sup>**

Potencia: **1,000 MW**

Nombre: **Chivor**

Río: **Batá**

País: **Colombia**

Año de Terminación: **1975**

Tipo de Presa: **Tierra y enrocamiento**

Altura: **237 m**

Longitud de Cresta: **310 m**

Volumen de material: **11,174 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **815 E6 m<sup>3</sup>**

Potencia: **1,000 MW**

Nombre: ***Contra***

Río: **Verzasca**

País: **Suiza**

Año de Terminación: **1965**

Tipo de Presa: **Presa-Bóveda**

Altura: **230 m**

Longitud de Cresta: **380 m**

Volumen de material: **658 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **105 E6 m<sup>3</sup>**

Potencia: **133 MW**

Nombre: ***Daniel-Johnson (Manicouagan 5)***

Río: **Manicouagan**

País: **Cánada**

Año de Terminación: **1968**

Tipo de Presa: **Contrafuertes**

Altura: **214 m**

Longitud de Cresta: **1,314 m**

Volumen de material: **2,255 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **141,852 E6 m<sup>3</sup>**

Potencia: **1,292 MW**

Nombre: ***Dongjiang***

Río: **Laishui**

País: **China**

Año de Terminación: **1991**

Tipo de Presa: **Presa-Bóveda**

Altura: **157 m**

Longitud de Cresta: **438 m**

Volumen de material: **943 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **8,120 E6 m<sup>3</sup>**

Potencia: **500 MW**

Nombre: ***Dworshak (Bruces Eddy)***

Río: **N. Fork, Clearwater**

País: **Estados Unidos**

Año de Terminación: **1972**

Tipo de Presa: **Gravedad**

Altura: **219 m**

Longitud de Cresta: **1,002 m**

Volumen de material: **4,970 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **4,277 E6 m<sup>3</sup>**

Potencia: **1,060 MW**

Nombre: ***El Cajón***

Río: **Ulua**

País: **Honduras**

Año de Terminación: **1985**

Tipo de Presa: **Presa-Bóveda**

Altura: **234 m**

Longitud de Cresta: **382 m**

Volumen de material: **1,600 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **6,500 E6 m<sup>3</sup>**

Potencia: **30 MW**

Nombre: ***Fort Peck***

Río: **Missouri**

País: **Estados Unidos**

Año de Terminación: **1940**

Tipo de Presa: **Tierra**

Altura: **76 m**

Longitud de Cresta: **6,409 m**

Volumen de material: **96,034 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **23,042 E6 m<sup>3</sup>**

Potencia: **185 MW**

Nombre: ***Gardiner***

Río: **South Saskatchewan**

País: **Canadá**

Año de Terminación: **1968**

Tipo de Presa: **Tierra**

Altura: **68 m**

Longitud de Cresta: **5,090 m**

Volumen de material: **65,553 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **9,900 E6 m<sup>3</sup>**

Potencia: **800 MW**

Nombre: ***Geheyan***

Río: **Qingjiang**

País: **China**

Año de Terminación: **1993**

Tipo de Presa: **Presa-Bóveda**

Altura: **151 m**

Longitud de Cresta: **641 m**

Volumen de material: **3,250 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **1,200 E6 m<sup>3</sup>**

Nombre: ***Grand Coulee***

Río: **Columbia**

País: **Estados Unidos**

Año de Terminación: **1942**

Tipo de Presa: **Gravedad**

Altura: **168 m**

Longitud de cresta: **1,592 m**

Volumen de material: **8,093 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **11,578 E6 m<sup>3</sup>**

Potencia: **6,180 MW**

Nombre: ***Grande Maison***

Río: **Eau d'Oile**

País: **Francia**

Año de Terminación: **1986**

Tipo de Presa: **Tierra y Enrocamiento**

Altura: **160 m**

Longitud de cresta: **550 m**

Volumen de material: **12,900 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **140 E6 m<sup>3</sup>**

Potencia: **1,800 MW**

Nombre: ***Grande Dixence***

Río: **Dixence**

País: **Suiza**

Año de Terminación: **1962**

Tipo de Presa: **Gravedad**

Altura: **285 m**

Longitud de Cresta: **695 m**

Volumen de material: **5,957 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **400 E6 m<sup>3</sup>**

Potencia: **869 MW**

Nombre: ***Gura Apelor Retazat***

Río: **Riul Mare**

País: **Rumania**

Año de Terminación: **1985**

Tipo de Presa: **Tierra y Enrocamiento**

Altura: **168 m**

Longitud de Cresta: **450 m**

Volumen: **9,020 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **225 E6 m<sup>3</sup>**

Nombre: ***Guri (Raúl Leoni)***

Río: **Caroni**

País: **Venezuela**

Año de Terminación: **1986**

Tipo de Presa: **Tierra, enrocamiento y Gravedad**

Altura: **162 m**

Longitud de Cresta: **11,409 m**

Volumen de material: **77,971 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **138,000 E6 m<sup>3</sup>**

Potencia: **10,300 MW**

Nombre: ***Hoover (Boulder)***

Río: **Colorado**

País: **Estados Unidos**

Año de Terminación: **1936**

Tipo de Presa: **Presa-Bóveda**

Altura: **221 m**

Longitud de Cresta: **379 m**

Volumen de material: **3,364 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **36,703 E6 m<sup>3</sup>**

Potencia: **2,500 MW**

Nombre: ***Huites***

Río: **Fuerte**

País: **México**

Año de Terminación: **1995**

Tipo de Presa: **Gravedad**

Altura: **155 m**

Longitud de Cresta : **390 m**

Volumen de material: **2,100 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **3,675 E6 m<sup>3</sup>**

Potencia: **440 MW**

Nombre: ***El Infiernillo***

Río: **Balsas**

País: **México**

Año de Terminación: **1963**

Tipo de Presa: **Enrocamiento**

Altura: **149 m**

Longitud de Cresta : **350 m**

Volumen de material: **5,130 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **12,000 E6 m<sup>3</sup>**

Potencia: **936 MW**

**Datos Adicionales:** La Presa del Infiernillo tiene como finalidad el control de avenidas y la generación de electricidad. Ubicada sobre el Río Balsas con una cuenca de 108,000 km<sup>2</sup> y un escurrimiento medio a anual de 15,000 millones de metros cúbicos, esta presa es operada por la Comisión Federal de Electricidad.

Nombre: ***Inguri***

Río: **Inguri**

País: **Rusia**

Año de Terminación: **1985**

Tipo de Presa: **Presa-Bóveda**

Altura: **272 m**

Longitud de Cresta: **680 m**

Volumen de material: **3,960 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **1,100 E6 m<sup>3</sup>**

Potencia: **1,300 MW**

Nombre: ***Internacional La Amistad***

Río: **Bravo**

País: **Estados Unidos y México**

Año de Terminación: **1969**

Tipo de Presa: **Gravedad y Enrocamiento**

Altura: **88 m**

Longitud de Cresta: **9,815 m**

Volumen de material: **10,355 E3 m<sup>3</sup>(Enrocamiento) y 1,300 E3 m<sup>3</sup> (Gravedad)**

Capacidad del vaso: **1 E6 m<sup>3</sup>**

Potencia: **80 MW (para México)**

**Datos Adicionales:** Ubicada en la frontera entre México y los Estados Unidos, la Presa Internacional La Amistad es una obra multiusos: riego, control de avenidas, generación de electricidad y abastecimiento de agua potable. El Río Bravo tiene un escurrimiento medio anual de 2,795 millones de metros cúbicos y su cuenca un área de 327,436 km<sup>2</sup>.

Nombre: ***Itaipú***

Río: **Paraná**

País: **Brasil y Paraguay**

Año de Terminación: **1985**

Tipo de Presa: **Tierra, Enrocamiento y Gravedad**

Altura: **196 m**

Longitud de Cresta: **7,900 m**

Volumen de material: **29,200 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **29,000 E6 m<sup>3</sup>**

Potencia: **12,600 MW**

**Datos adicionales:** Itaipú es la mayor planta hidroeléctrica del Mundo. La presa principal es de gravedad, de concreto macizo. La casa de máquinas contiene 16 unidades generadoras de 765 Megawatts cada una. La obra cuenta con obras que permiten la navegación fluvial mediante esclusas y canales. El río Paraná tiene un gasto de 14,900 m<sup>3</sup>/s. La presa de Itaipú costó 2,033 millones de dólares.

Nombre: ***Itaparica***

Río: Sao Francisco

País: **Brasil**Año de Terminación: **1986**Tipo de Presa: **Tierra y Enrocamiento**Altura: **105 m**Longitud de Cresta: **4,150 m**Volumen de material: **16,530 E3 m<sup>3</sup>**Capacidad del vaso: **10,800 E6 m<sup>3</sup>**Potencia: **2,500 MW**Nombre: ***John Day (Lago Umatilla)***Río: **Columbia**País: **Estados Unidos**Año de Terminación: **1968**Tipo de Presa: **Tierra y Gravedad**Altura: **71 m**Longitud de Cresta: **250 m**Volumen de material: **2,650 E3 m<sup>3</sup>**Capacidad del vaso: **3,256 E6 m<sup>3</sup>**Potencia: **2,700 MW**Nombre: ***KaraKaya***Río: **Eufrates**País: **Turquía**Año de Terminación: **1986**Tipo de Presa: **Presa-Bóveda**Altura: **173 m**Longitud de Cresta: **1,650 m**Volumen de material: **2,000 E3 m<sup>3</sup>**Capacidad del vaso: **9,580 E6 m<sup>3</sup>**Potencia: **1,800 MW**

Nombre: ***Karaktepe***

Río: **Gaksu**

País: **Turquía**

Año de Terminación: **1993**

Tipo de Presa: **Tierra y Enrocamiento**

Altura: **199 m**

Longitud de Cresta: **580 m**

Volumen de material: **17,000 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso (miles de metros cúbicos): **4,800 E6 m<sup>3</sup>**

Nombre: ***Kariba***

Río: **Zambezi**

País: **Zambia y Zimbawe**

Año de Terminación: **1959**

Tipo de Presa: **Presa-Bóveda**

Altura: **128 m**

Longitud de Cresta: **579 m**

Volumen de material: **1,065 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **181,591 E6 m<sup>3</sup>**

Potencia: **705 MW**

Nombre: ***Kenyir***

Río: **Trengganu**

País: **Malasia**

Año de Terminación: **1986**

Tipo de Presa: **Tierra y Enrocamiento**

Altura: **150 m**

Longitud de Cresta: **800 m**

Volumen de material: **16,800 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **13,500 E6 m<sup>3</sup>**

Potencia: **400 MW**

Nombre: ***Kishau***

Río: **Tons**

País: **India**

Año de Terminación: **1995**

Tipo de Presa: **Tierra y enrocamiento**

Altura: **253 m**

Longitud de Cresta: **360 m**

Volumen de material: **1,850 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **2,400 E6 m<sup>3</sup>**

Potencia: **600 MW**

Nombre: ***Khudoni***

Río: **Inguri**

País: **Rusia**

Año de Terminación: **1986**

Tipo de Presa: **Presa-Bóveda**

Altura: **201 m**

Longitud de Cresta: **545 m**

Volumen de material: **1,475 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **365 E6 m<sup>3</sup>**

Potencia: **1,300 MW**

Nombre: ***Krasnoyarsk***

Río: **Yenisey**

País: **Rusia**

Año de Terminación: **1967**

Tipo de Presa: **Gravedad**

Altura: **124 m**

Longitud de Cresta: **1,065 m**

Volumen de material: **5,580 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **73,300 E6 m<sup>3</sup>**

Potencia: **6,000 MW**

Nombre: ***La Grande 2***

Río: **La Grande**

País: **Cánada**

Año de Terminación: **1978**

Tipo de Presa: **Enrocamiento**

Altura: **168 m**

Longitud de Cresta: **2,826 m**

Volumen de material: **23,192 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **61,715 E6 m<sup>3</sup>**

Potencia: **5,328 MW**

Nombre: ***La Grande 4***

Río: **La Grande**

País: **Cánada**

Año de Terminación: **1984**

Tipo de Presa: **Enrocamiento**

Altura: **128 m**

Longitud de Cresta: **3,750 m**

Volumen de material: **19,300 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **19,400 E6 m<sup>3</sup>**

Potencia: **2,650 MW**

Nombre: ***Lhakwar***

Río: **Yamuna**

País: **India**

Año de Terminación: **1993**

Tipo de Presa: **Gravedad**

Altura: **204 m**

Longitud de Cresta: **454 m**

Volumen de material: **2,871 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **580 E6 m<sup>3</sup>**

Potencia: **300 MW**

Nombre: ***Longyangxia***

Río: **Huanghe (Río Amarillo)**

País: **China**

Año de Terminación: **1986**

Tipo de Presa: **Arco-Gravedad**

Altura: **175 m**

Longitud de Cresta: **375 m**

Volumen de material: **1,750 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **24,700 E6 m<sup>3</sup>**

Potencia: **1,280 MW**

Nombre: ***Lower Usuma***

Río: **Usuma**

País: **Nigeria**

Año de Terminación: **1991**

Tipo de Presa: **Tierra**

Altura: **49 m**

Longitud de Cresta: **1,350 m**

Volumen de material: **93,000 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **100 E6 m<sup>3</sup>**

Nombre: ***Malpaso***

Río: **Grijalva**

País: **México**

Año de Terminación: **1967**

Tipo de Presa: **Tierra**

Altura: **119 m**

Longitud de Cresta: **138 m**

Volumen de material: **5,100 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **1,300 E6 m<sup>3</sup>**

Potencia: **1,080 MW**

Nombre: ***Mauvoisin***

Río: **Drance de Bagnes**

País: **Suiza**

Año de Terminación: **1957**

Tipo de Presa: **Presa-Bóveda**

Altura: **237 m**

Longitud de Cresta: **520 m**

Volumen de material: **2,030 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **203 E6 m<sup>3</sup>**

Potencia: **397 MW**

Nombre: ***Mica***

Río: **Columbia**

País: **Canadá**

Año de Terminación: **1972**

Tipo de Presa: **Tierra y enrocamiento**

Altura: **242 m**

Longitud de Cresta: **792 m**

Volumen de material: **32,111 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **24,669 E6 m<sup>3</sup>**

Potencia: **1,800 MW**

Nombre: ***Mrantinje***

Río: **Piva**

País: **Yugoslavia**

Año de Terminación: **1976**

Tipo de Presa: **Presa-Bóveda**

Altura: **220 m**

Longitud de Cresta: **268 m**

Volumen de material: **743 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **880 E6 m<sup>3</sup>**

Potencia: **360 MW**

Nombre: ***Nurek***

Río: **Vakhsh**

País: **Rusia**

Año de Terminación: **1972**

Tipo de Presa: **Tierra**

Altura: **317 m**

Longitud de Cresta: **704 m**

Volumen de material: **58,000 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **10,500 E6 m<sup>3</sup>**

Potencia: **2,700 MW**

Nombre: ***Oahe***

Río: **Missouri**

País: **Estados Unidos**

Año de Terminación: **1963**

Tipo de Presa: **Tierra**

Altura: **75 m**

Longitud de Cresta: **2,835 m**

Volumen de material: **70,343 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **29,100 E6 m<sup>3</sup>**

Potencia: **786 MW**

Nombre: ***Oostershelde***

Río: **Vense Gat Oostersheld**

País: **Países Bajos**

Año de Terminación: **1986**

Tipo de Presa: **Gravedad y tierra**

Altura: **50 m**

Longitud de Cresta: **9,000 m**

Volumen de material: **50,000 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **2,780 E6 m<sup>3</sup>**

**Datos Adicionales:** Oostershelde es un presa que protege contra el oleaje provocado por las tormentas y la crecida de las mareas a los Países Bajos. Esta obra duró 10 años y costó 2,000 millones de dolares.

Nombre: ***Oroville***

Río: **Feather**

País: **Estados Unidos**

Año de Terminación: **1968**

Tipo de Presa: **Tierra**

Altura: **236 m**

Longitud de Cresta: **2,109 m**

Volumen de material: **59,639 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **4,298 E6 m<sup>3</sup>**

Potencia: **679 MW**

Nombre: ***Oskov***

Río: **Gediz**

País: **Turquía**

Año de Terminación: **1985**

Tipo de Presa: **Tierra y Enrocamiento**

Altura: **180 m**

Longitud de Cresta: **420 m**

Volumen de material: **11,251 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **94 E6 m<sup>3</sup>**

Nombre: ***Owen Falls***

Río: **Nilo Victoria**

País: **Uganda**

Año de Terminación: **1954**

Tipo de Presa: **Gravedad**

Altura: **31 m**

Longitud de Cresta: **831 m**

Volumen de material: **7**

Capacidad del vaso: **2,700,000 E6 m<sup>3</sup>**

Potencia: **120 MW**

**Datos Adicionales:** El vaso de la presa de Owen Falls es lo que se conoce como el Lago Victoria que tiene un volumen de 2,700,000 millones de metros cúbicos. Este ya aumentó su volumen en un 10% debido a la construcción de la presa.

Nombre: ***Piedra del Aguila***

Río: **Limay**

País: **Argentina**

Año de Terminación: **1993**

Tipo de Presa: **Tierra, Gravedad y Enrocamiento**

Altura: **163 m**

Longitud de Cresta: **820 m**

Volumen de material: **2,520 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **11,300 E6 m<sup>3</sup>**

Nombre: ***Porto Primavera***

Río: **Paraná**

País: **Brasil**

Año de Terminación: **1993**

Tipo de Presa: **Tierra y Enrocamiento**

Altura: **38 m**

Longitud de Cresta: **11,835 m**

Volumen de material: **37,644 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **18,500 E6 m<sup>3</sup>**

Potencia: **700 MW**

Nombre: ***Ray Roberts***

Río: **Trinity**

País: **Estados Unidos**

Año de Terminación: **1985**

Tipo de Presa: **Tierra**

Altura: **43 m**

Longitud de Cresta: **4,561 m**

Volumen de material: **15,475 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **986 E6 m<sup>3</sup>**

Nombre: **Revelstoke**

Río: **Columbia**

País: **Canada**

Año de Terminación: **1985**

Tipo de Presa: **Tierra, Enrocamiento y Gravedad**

Altura: **153 m**

Longitud de Cresta: **1,620 m**

Volumen de material: **13,000 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **5,180 E6 m<sup>3</sup>**

Potencia: **1,843 MW**

Nombre: **Salvajina**

Río: **Cauca**

País: **Colombia**

Año de Terminación: **1985**

Tipo de Presa: **Tierra y Enrocamiento**

Altura: **160 m**

Longitud de Cresta: **360 m**

Volumen de material: **3,500 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **904 E6 m<sup>3</sup>**

Potencia: **270 MW**

Nombre: **Sayano-Shushensk**

Río: **Yenisei**

País: **Rusia**

Año de Terminación: **1989**

Tipo de Presa: **Presa-Bóveda**

Altura: **245 m**

Longitud de Cresta: **1,066 m**

Volumen de material: **9,075 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **31,300 E6 m<sup>3</sup>**

Potencia: **6,400 MW**

Nombre: ***Tehri***

Río: **Bhaginatti**

País: **India**

Año de Terminación: **1982**

Tipo de Presa: **Tierra y Enrocamiento**

Altura: **261 m**

Longitud de Cresta: **570 m**

Volumen de material: **25,200 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **3,539 E6 m<sup>3</sup>**

Potencia: **2,400 MW**

Nombre: ***Thein***

Río: **Ravi**

País: **India**

Año de Terminación: **1993**

Tipo de Presa: **Tierra y Enrocamiento**

Altura: **160 m**

Longitud de Cresta: **565 m**

Volumen de material: **14,213 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **3,280 E6 m<sup>3</sup>**

Potencia: **2,400 MW**

Nombre: ***Thissavros***

Río: **Nestos**

País: **Grecia**

Año de Terminación: **1993**

Tipo de Presa: **Tierra y Enrocamiento**

Altura: **172 m**

Longitud de Cresta: **480 m**

Volumen de material: **10,000 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **70 E6 m<sup>3</sup>**

**Nombre: *Tucurui*****Río: Tocantins****País: Brasil****Año de Terminación: 1985****Tipo de Presa: Gravedad****Altura: 106 m****Longitud de Cresta: 9,574 m****Volumen de material: 37,000 E3 m<sup>3</sup>****Capacidad del vaso: 45,800 E6 m<sup>3</sup>****Potencia: 4,000 MW****Nombre: *Turwell Gorge*****Río: Suam****País: Kenya****Año de Terminación: 1993****Tipo de Presa: Presa-Bóveda****Altura: 155 m****Longitud de Cresta: 150 m****Volumen de material: 170 E3 m<sup>3</sup>****Capacidad del vaso: 1,641,000 E6 m<sup>3</sup>****Potencia: 105 MW****Datos Adicionales:** La Presa de Turwell Gorge tambien sirve para riego 12,000 hectáreas.**Nombre: *Vajont*****Río: Vajont****País: Suiza****Año de Terminación: 1962****Tipo de Presa: Presa-Bóveda****Altura: 262 m****Longitud de Cresta: 190 m****Volumen de material: 351 E3 m<sup>3</sup>****Capacidad del vaso: 169 E6 m<sup>3</sup>****Datos Adicionales:** La presa de Vajont fue sobrepasada por una crecida del río en 1963. La presa quedó intacta pero esta fuera de funcionamiento.

Nombre: **Warmá**

Río: **Warmá**

País: **India**

Año de Terminación: 1992

Tipo de Presa: **Tierra y Gravedad**

Altura: **91 m**

Longitud de Cresta: **1,580 m**

Volumen de material: **15,310 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **964 E6 m<sup>3</sup>**

Nombre: **Zillergründl**

Río: **Ziller**

País: **Austria**

Año de Terminación: 1986

Tipo de Presa: **Presa-Bóveda**

Altura: **186 m**

Longitud de Cresta: **506 m**

Volumen de material: **1,355 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **90,000 E6 m<sup>3</sup>**

Potencia: **705 MW**

Nombre: **Zimapán**

Río: **Moctezuma**

País: **México**

Año de Terminación: 1994

Tipo de Presa: **Presa-Bóveda**

Altura: **200 m**

Longitud de Cresta: **80 m**

Volumen de material: **280 E3 m<sup>3</sup>**

Capacidad del vaso: **1,426 E6 m<sup>3</sup>**

Potencia: **280 MW**

#### 4. Las presas más grandes del Mundo.

A continuación se presentan una serie de tablas donde aparecen las presas mencionadas en la base de datos. Estas últimas aparecen ordenadas por volumen de la presa, altura, volumen del vaso de almacenamiento y potencia instalada.

##### Presas de mayor volumen de material

Lugar	Nombre	País	Año de terminación	Tipo de presa	Volumen (miles de m3)
1	Fort Peck	EE.UU.	1940	Tierra	96,050
2	Lower Usuma	Nigeria	1990	Tierra	93,000
3	Tucuruí	Brasil	1984	Gravedad, tierra y enrocamiento	85,200
4	Atatürk	Turquía	1990	Tierra y enrocamiento	84,500
5	Guri (Raúl Leoni)	Venezuela	1986	Gravedad, tierra y enrocamiento	77,971
6	Oahe	EE.UU.	1958	Tierra	66,517
7	Gardiner	Cánada	1968	Tierra	65,400
8	Mangla	Pakistán	1967	Tierra	65,379
9	Oroville	EE.UU.	1968	Tierra	61,164
10	Nurek	Rusia	1980	Tierra	58,000
11	Öostersheld	Países Bajos	1986	Tierra y gravedad	50,000
12	Asuán	Egipto	1970	Tierra y enrocamiento	44,300
13	W.A.C. Bennett	Cánada	1967	Tierra	43733
14	Fort Randall	EE.UU.	1952	Tierra	38,200

### Las presas de mayor altura

Lugar	Nombre	País	Año de terminación	Tipo de presa	Altura (metros)
1	Nurek	Rusia	1980	Tierra	317
2	Grande Dixence	Suiza	1961	Gravedad	285
3	Inguri	Rusia	1980	Presa-Bóveda	272
4	Vajont	Italia	1961	Presa-Bóveda	262
5	Tehri	India	1995	Tierra y enrocamiento	261
5	Chicoasén	México	1980	Tierra y enrocamiento	261
6	Mauvoisin	Suiza	1957	Presa-Bóveda	253
7	Guavio	Colombia	1989	Tierra y enrocamiento	246
8	Sayano-Shushensk	Rusia	1989	Presa-Bóveda	245
9	Mica	Canadá	1973	Tierra y enrocamiento	242
10	Chivor	Colombia	1957	Tierra y enrocamiento	237
11	Kishau	India	1995	Gravedad	236
12	El Cajón	Honduras	1985	Presa-Bóveda	234
13	Chirkey	Rusia	1978	Presa-Bóveda	233
14	Oroville	EE.UU.	1968	Tierra	230
15	Hoover	EE.UU.	1936	Presa-Bóveda	221
16	Contra	Suiza	1965	Presa-Bóveda	220
17	Mrantinje	Yugoslavia	1976	Presa-Bóveda	219
18	Dworshak	EE.UU.	1973	Gravedad	219
19	Daniel Johnson	Canadá	1968	Contrafuertes	214
20	Khudoni	Rusia	1990	Presa-Bóveda	201

**Las presas con los mayores vasos de almacenamiento**

Lugar	Nombre	País	Año de terminación	Tipo de presa	Volumen del Vaso (millones de m <sup>3</sup> )
1	Owen Falls	Uganda	1954	Gravedad	2,700,000
2	Kariba	Zimbawe y Zambia	1959	Presa-Bóveda	180,600
3	Brastsk	Rusia	1964	Tierra	169,270
4	Asúan	Egipto	1970	Tierra y enrocamiento	168,900
5	Akosombo	Ghana	1965	Tierra y enrocamiento	153,000
6	Daniel Johnson	Cánada	1968	Contrafuertes	141,852
7	Guri (Raúl Leoni)	Venezuela	1986	Gravedad, tierra y enrocamiento	138,000
8	Krasnoyars	Rusia	1967	Gravedad	73,300
9	W.A.C. Bennett	Cánada	1967	Tierra	70,309
10	Zeya	Rusia	1978	Contrafuertes	68,400
11	Cabora Bassa	Mozambique	1974	Presa-Bóveda	63,000
12	La Grande 2	Cánada	1978	Enrocamiento	61,715
13	La Grande 3	Cánada	1981	Enrocamiento	60,020
14	Ust-Ilim	Rusia	1977	Enrocamiento	59,300
15	Volga-VI Lenin	Rusia	1955	Gravedad	58,000
16	Tucuruí	Brasil	1984	Gravedad, tierra y enrocamiento	45,800

\* Formado por el Lago Victoria, la presa aumentó el volumen de este en aproximadamente 270,000 E6 m<sup>3</sup>.

### Hidroeléctricas con mayor capacidad instalada

Lugar	Nombre	País	Año de terminación	Potencia instalada (MW)
1	Itaipú	Brasil y Paraguay	1983	12,600
2	Guri (Raúl Leoni)	Venezuela	1986	10,300
3	Sayano-Shushensk	Rusia	1989	6,400
4	Grand Coulee	EE.UU.	1942	6,180
5	Krasnoyarsk	Rusia	1968	6,000
6	Churchill Falls	Cánada	1971	5,428
7	La Grande 2	Cánada	1979	5,328
8	Bratsk	Rusia	1961	4,500
9	Ust-Ilim	Rusia	1977	4,320
10	Tucuruí	Brasil	1984	3,960
11	Rogun	Rusia	1990	3,600
12	Ilha Solteira	Brasil	1973	3,200
13	Gezhouba	China	1981	2,715
14	Nurek	Rusia	1976	2,700
15	Mica	Cánada	1976	2,660
16	La Grande 4	Cánada	1984	2,650
17	Volgograd	Rusia	1958	2,563
18	Paulo Alfonso IV	Brasil	1979	2,460
19	Cabora Bassa	Mozambique	1975	2,425
20	La Grande 3	Cánada	1982	2,304

## ***4. CONCLUSIONES Y COMENTARIOS***

### ***Comentarios.***

Según el último reporte de la *Comission Internationale des Grands Barrages* (Comisión Internacional de Grandes Presas) existen alrededor de 40,000 presas con una altura de más de 15 metros. El 80% de estas presas tienen una altura menor a 30 metros. Y las que tiene más de 100 metros de altura representan 1% del total. <sup>(ref.5)</sup> En la base de datos están contenidas 208 presas, todas ellas están funcionando (excepto la presa de Vajont en Italia)

De las 208 presas 179 poseen una planta hidroeléctrica y 87 tienen una potencia instalada de más de 1,000 MW.

Dada la dificultad que existe para proporcionar información detallada de todas las presas, el tipo de presa se dividió en seis categorías: tierra, enrocamiento, tierra y enrocamiento, gravedad, presa-bóveda y contrafuertes. Muchas de las presas son mixtas y con los datos que se tiene es difícil imaginarlas si no se tienen planos o fotografías.

De materiales cementados son 111 presas (50 presas-bóveda, 56 de gravedad y 5 de contrafuertes) y 97 son de materiales sueltos (41 de tierra, 34 de enrocamiento y 22 de tierra y enrocamiento)

Muchas de las presas que están incluidas dentro de la base de datos son bastante modernas, incluso aparecen presas que se terminaron este mismo año.

Se terminaron 26 presas después de 1990, 55 se terminaron entre 1980 y 1990, 52 se terminaron entre 1970 y 1980 y 75 son anteriores a 1970.

De las presas incluidas 102 tienen una altura mayor a 150 metros y 128 presas tienen un vaso de almacenamiento con un volumen mayor a un mil millones de metros cúbicos.

La presa más alta tiene 317 metros (Nurek, Rusia) y la más baja 25 metros (Coo-Trois Ponts, Bélgica). Aparecen presas de 55 países y 158 ríos.

Las fuentes de información provienen de el material bibliográfico con que cuentan las bibliotecas de la Facultad de Ingeniería. Otra fuente de información fue la computadora, a través del INTERNET que es una red mundial de información a la cual tienen acceso más de 40 millones de usuarios. INTERNET aportó información de muchas presas estadounidenses debido al auge que ha tenido este sistema en nuestro vecino país. Desafortunadamente las asociaciones internacionales de grandes presas todavía no tienen direcciones en el INTERNET.

### *Conclusiones.*

La presa es la obra de ingeniería más compleja que existe, en su concepción y construcción se tienen que juntar todas las áreas de la carrera (hidráulica, geotécnica, estructuras, planeación, sanitaria y construcción).

Se debe considerar que una presa puede tener grandes impactos en toda una región, ya que puede cambiar el clima de esta última provocando que miles de seres humanos se tengan que desplazar hacia tierras que no vayan a ser inundadas por la crecida del río.

Dado que el agua un recurso indispensable para el ser humano, las primeras presas no tenían otra finalidad que almacenar agua para riego; sin embargo, al estudiar la información que nos proporciona la base de datos en la actualidad se puede constatar que el objetivo no va a ser exclusivamente el riego o el control de avenidas sino que, en una obra de esta magnitud se buscará como fin primordial la generación de electricidad. La energía eléctrica, elemento indispensable de la sociedad industrial es lo que justifica un proyecto de este tamaño, ya sea desde el punto de vista ecológico, o desde el punto de vista económico, siendo este último el de mayor peso. Las plantas hidroeléctricas son el medio de producción más limpio que existe (si lo comparamos con la energía termoeléctrica o nuclear) a pesar de todas las repercusiones que tiene sobre el medio ambiente.

Respecto a la base de datos esta tiene la gran ventaja de que mientras la memoria de la computadora lo permita no tiene límites de expansión, y se espera que siga creciendo; además, el manejo de la base de datos es bastante sencillo, lo cual permite que cualquier usuario que encuentre información de presas que están olvidadas o de presas que se estén recién terminadas (actualmente se están construyendo o se piensan construir aproximadamente 500 grandes presas)<sup>(ref. 22)</sup> pueda agregarlas al banco de datos, que se espera llegue a contener tanta información como los registros de la Comisión Internacional de Grandes Presas. Incluso se podrán agregar imágenes y planos de cada presa para tener una información más completa.

Las posibilidades de tener todas estas presas juntas permite darse una idea de lo que puede hacer un ingeniero civil. Hacer presas de 300 metros de altura o cerrar ríos tan caudalosos como el Nilo o el Paraná demuestra que la ingeniería tiene el poder de transformar a la naturaleza para el beneficio del hombre.

Se espera que esta trabajo sea utilizado como obra de consulta para aquellos estudiantes interesados en las presas. Y que sirva de punto de partida para que se realicen más investigaciones de este tipo en otras áreas importantes de la ingeniería civil como, por ejemplo; bases de datos sobre la infraestructura de los puertos mexicanos, las vías de comunicación, los aeropuertos y muchos otros más. De esta forma se podrá tener de manera accesible, rápida y ordenada, una información que resulta de gran utilidad para estudiantes, maestros o investigadores.

## *BIBLIOGRAFÍA*

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Oscar Vega Roldán, *Apuntes de clase de la asignatura de Presas de Almacenamiento y Derivación*, semestre 95-2, F.I., UNAM.
2. Oscar Vega y F. Arreguin, *Presas de Almacenamiento y Derivación*, DEPTI, UNAM.
3. Norman Smith, *A History of Dams*, Peter Davis, Londres, 1971.
4. Enciclopedia Britannica, Macropaedia tomo 5, Dams, 1981.
5. Commission Internationale des Grands Barrages, *Registre Mondial des Barrages*, 1988.
6. J. Bellier, *Les Barrages*, colección Que sais-je?, Presses Universitaires de France, 1981.
7. R. Jansen, *Dams and Public Safety*, U.S. Department of the Interior, Water & Power Resources, Denver, 1980.
8. Larry Gonick, *Aprenda divirtiéndose computación*, Harla, 1985.
9. H. Thomas, *The Engineering of Large Dams*, tomo II, John Wiley & Sons, Nueva York, 1976.
10. J. Sherard, R. Woodward, S. Gizienski y W. Glavenger, *Earth and Earth-Rock Dams*, John Wiley, Nueva York, 1963.
11. U.S. Committee on Large Dams, *Lessons from dam incidents II*, AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (A.S.C.E), Nueva York, 1985.

12. R. Marsal y D. Resendiz, *Presas de tierra y enrocamiento*, Limusa, México, 1980.
13. U.S. Bureau of Reclamations, *Gravity Dams*, Denver, 197.
14. AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (A.S.C.E), Nueva York, Symposium and Conference Proceedings: "Foundations for Dams", Asilomar, 1975.
15. AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (A.S.C.E), Nueva York, Symposium and Conference Proceedings: "Rapid Construction of Concrete Dams", Asilomar, 1970.
16. U.S. Bureau of Reclamations, *Arch Dams*, Denver, 1981.
17. AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (A.S.C.E), Nueva York, Symposium and Conference Proceedings: "Economical construction of concrete dams", Asilomar, 1970.
18. H. Thomas, *The Engineering of Large Dams*, tomo I, John Wiley & Sons, Nueva York, 1976.
19. C.V. Davis, *Handbook of Applied Hydraulics*, McGraw-Hill, 1969.
20. Creager, Juntin y Hinds, *Engineering for Dams*, Wiley, Nueva York, 1968.
21. AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (A.S.C.E), Nueva York, Symposium and Conference Proceedings: "Inspection, maintenance and rehabilitation of old dams", Asilomar, 1973.
22. *Water Power and Dam Construction, Handbook 1995*, Sutton, Surrey (Gran Bretaña), 1995.
23. Gardea Villegas, Humberto, *Aprovechamientos hidroeléctricos y de bombeo*, Trillas, UNAM, Facultad de Ingeniería, 1992.

## BIBLIOGRAFIA

- *Microsoft Access para Windows paso a paso*, McGraw-Hill, Madrid, 1994.
- Juárez Badillo y Rico Rodríguez, *Mecánica de Suelos Tomo I*, Limusa, México, 1985.
- Aparicio, *Fundamentos de hidrología de superficie*, Limusa, México, 1993.
- Andrew L. Simon, *Hidráulica Práctica*, Limusa, México, 1986.
- *Water Power and Dam Construction, Handbook 1990*, Sutton, Surrey (Gran Bretaña), 1990.
- *Water Power and Dam Construction, Handbook 1991*, Sutton, Surrey (Gran Bretaña), 1991.
- *Water Power and Dam Construction, Handbook 1992*, Sutton, Surrey (Gran Bretaña), 1992.
- *Water Power and Dam Construction, Handbook 1993*, Sutton, Surrey (Gran Bretaña), 1993.
- *Water Power and Dam Construction, Handbook 1994*, Sutton, Surrey (Gran Bretaña), 1994.
- U.S. Bureau of Reclamations, *Design of Small Dams*, Denver, 1981.
- Viejo Zubicaray y Alonso, *Energía Hidroeléctrica*, Limusa, México, 1977.
- E. Vallarino, *Tratado básico de presas*, Colegio de Ingenieros de Caminos,

Canales y Puentes, Madrid, España, 1986.

- Gilberto Sotelo Avila, *Apuntes de hidráulica II. Capítul VIII. Diseño hidráulico de estructuras*, UNAM, Facultad de Ingeniería, 1994.

## **INTERNET**

Parte del contenido de esta tesis se obtuvo vía INTERNET, a continuación se mencionan las direcciones que se consultaron.

- USBR-PowerResources Office.  
<http://donews.do.usbr.gov/power.resources>
- Dam Safety Home Page.  
<http://wtrwww.env.gov.bc.ca/dams/dam.html>
- Dams and reservoirs.  
<http://www.sandelman.ocunix.on.ca/dams>
- World Bank dam safety project.  
<gopher://gopher.igc.apc.org:70/00/headlines/5>
- Hydraulic Engineering Information Analysis Center(HEIAC).  
[http://www.dtic.dla.mil/iac/iac\\_dir//HEIAC.html](http://www.dtic.dla.mil/iac/iac_dir//HEIAC.html)