

# CAPITULO 1

## ANTECEDENTES

### 1.1. DEFINICIÓN DE MANTENIMIENTO

Es el conjunto de actividades cuyos objetivos son preservar la integridad y el funcionamiento de las obras, equipos e instalaciones; maximizar su disponibilidad; minimizar los costos de operación, y asegurar la producción de electricidad. Esto se logra al llevar a cabo las acciones de conservación necesarias. Su clasificación más simple es:

- a) **Mantenimiento preventivo:** Sus actividades básicas son la inspección, análisis de la información, diagnóstico y trabajos de prevención.
- b) **Mantenimiento correctivo:** Sus tareas fundamentales son la inspección específica, reparación y reemplazo parcial o total de las obras.

Resulta evidente la importancia que debe darse a las actividades de mantenimiento, en sus aspectos preventivo y correctivo, con el fin de lograr que las centrales hidroeléctricas tengan un desempeño adecuado, ya que cualquier daño o deterioro en alguna de las obras civiles que no reciba mantenimiento adecuado y oportuno puede afectar la capacidad de generación y la vida útil de una central.

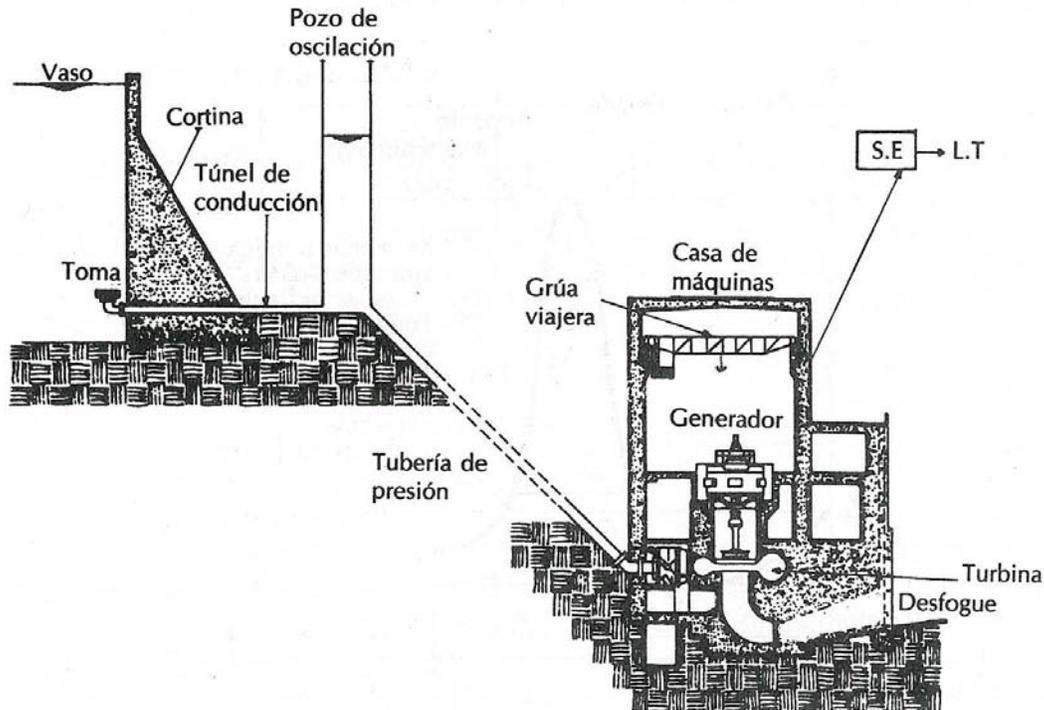
### 1.2. ELEMENTOS PRINCIPALES DE UNA CENTRAL HIDROELÉCTRICA

Las centrales hidroeléctricas utilizan la energía potencial del agua como fuente primaria para generar electricidad. Estas plantas se localizan en sitios en donde existe una diferencia de altura entre la central eléctrica y el suministro de agua. De esta forma, la energía potencial del agua se convierte en energía cinética que es utilizada para impulsar el rodete de la turbina y hacerla girar para producir energía mecánica. Acoplado a la flecha de la turbina se encuentra el generador, que finalmente convierte la energía mecánica en eléctrica.

No existen centrales hidroeléctricas idénticas ya que cada proyecto se tiene que adaptar a un medio ambiente diferente, pero todas cuentan con los siguientes elementos básicos para la generación de electricidad.

- |                                  |                         |
|----------------------------------|-------------------------|
| ▪ Presa o vaso de almacenamiento | ▪ Pozo de oscilación    |
| ▪ Cortina                        | ▪ Tubería a presión     |
| ▪ Obra de demasías               | ▪ Casa de máquinas      |
| ▪ Obra de toma                   | ▪ Obra de desfogue      |
| ▪ Conducción                     | ▪ Subestación elevadora |

En la Figura 1.1 se representa esquemáticamente los elementos antes mencionados. En el esquema puede observarse que una vez producida la energía eléctrica es conducida a la subestación elevadora, S. E., y de allí a la línea de transmisión, L. T.



**Figura 1.1. Elementos principales de una central hidroeléctrica (Gardea, 1992)**

En el siguiente subcapítulo se hará una descripción a detalle de las obras e instalaciones que componen a una central hidroeléctrica poniendo especial énfasis en el sistema de conducción y la casa de máquinas.

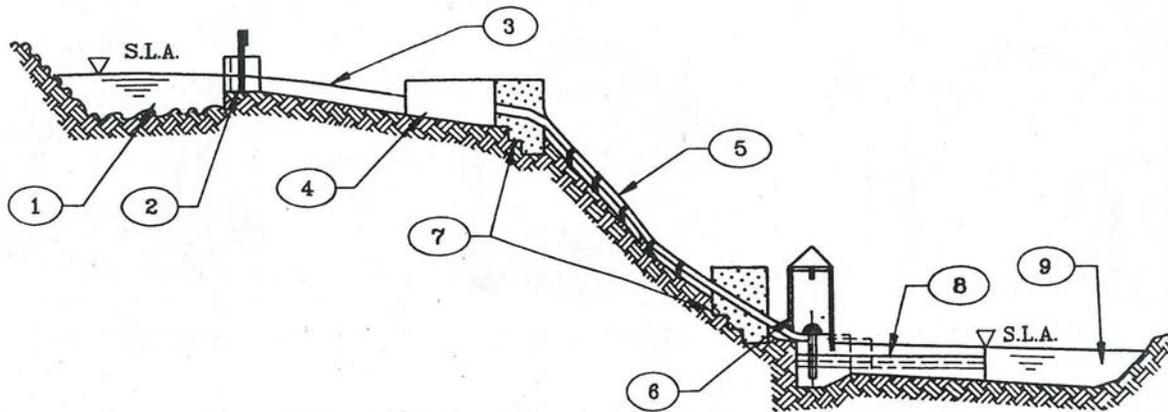
### 1.3. SISTEMAS DE CONDUCCIÓN

Un sistema de conducción es un conjunto de obras civiles que encauzan el agua desde una captación natural o artificial, hacia los equipos que generan la energía eléctrica. Pueden clasificarse en tres tipos que se describen a continuación.

#### 1.3.1. Conducción con sistema combinado (a superficie libre y a presión)

La conducción se realiza por gravedad sobre las laderas ó, a través de montañas y barrancas hasta un conducto a presión donde se logra la caída hacia la planta generadora (Figura 1.2). Los componentes que lo integran son:

- Presa de derivación y sus elementos secundarios.
- Obra de toma a superficie libre, con sus mecanismos de control y rejillas.
- Obras de conducción como canales, cajones, túneles, sifones y puentes-canal.
- Tanque de regulación, desarenadotes y casetas de operación.
- Tubería a presión



CONDUCCION CON SISTEMA COMBINADO

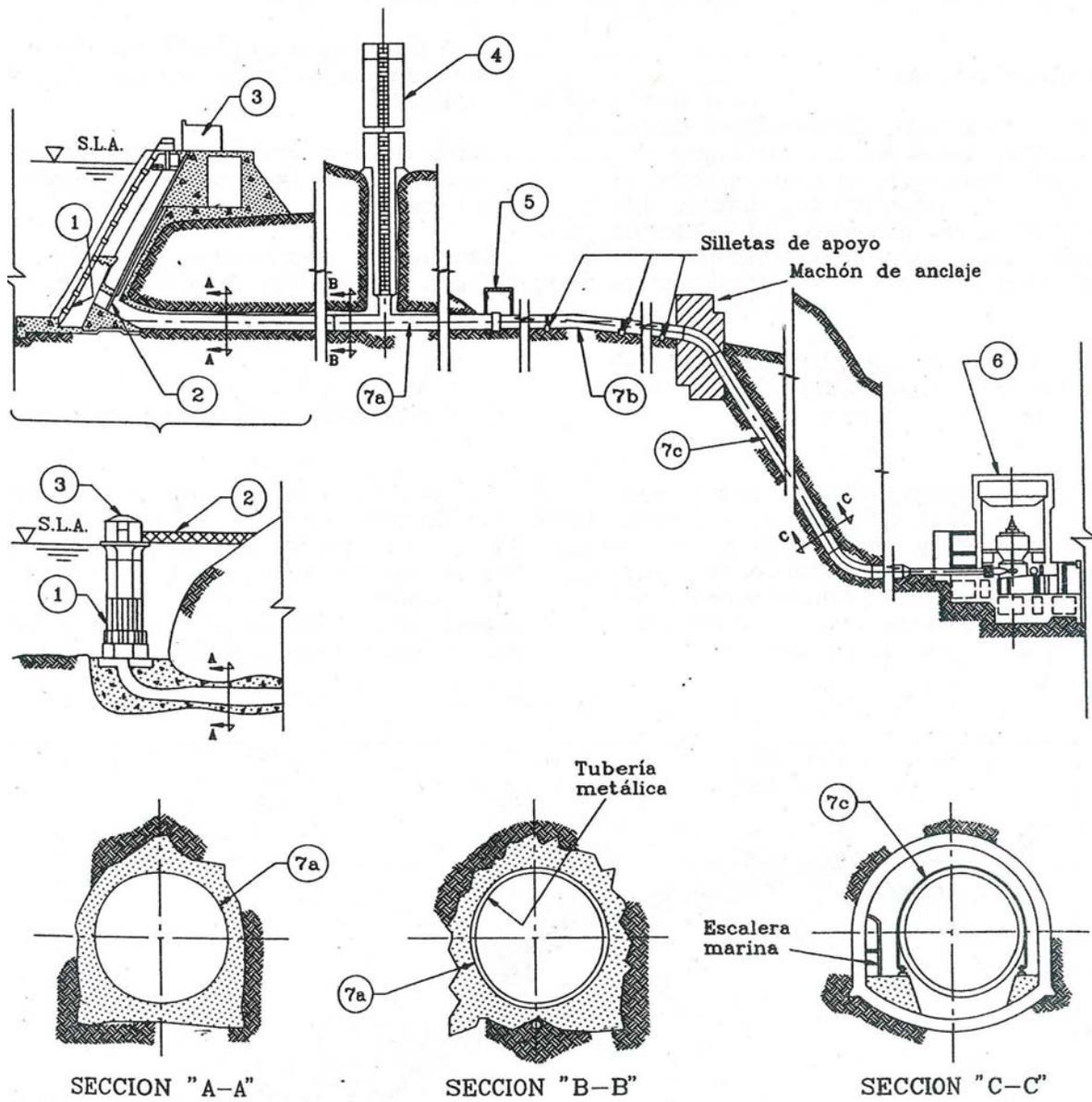
- |                                                           |                                      |
|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| 1. Obra de almacenamiento                                 | 5. Tubería a presión a la intemperie |
| 2. Obra de toma                                           | 6. Casa de máquinas                  |
| 3. Conducción por gravedad<br>(Canales, Sifones, Túneles) | 7. Machón de concreto                |
| 4. Tanque de regulación                                   | 8. Estructura de desfogue            |
|                                                           | 9. Río                               |

Figura 1.2. Elementos de un sistema de conducción combinado (CFE, 1991)

### 1.3.2. Conducción con túnel a presión

Se utiliza cuando el río forma un meandro con fuerte pendiente, donde con un túnel a presión a través de la montaña se gana una caída considerable hasta la planta generadora, acortando la longitud del conducto (Figura 1.3). Sus elementos más importantes son:

- Presa de almacenamiento.
- Obra de toma, adosada ala ladera de la montaña o como torre de toma en el embalse (ambas con sus mecanismos de control y rejillas).
- Túnel a presión.
- Pozo de oscilación.
- Tubería a presión.



CONDUCCION CON TUNEL A PRESION

TOMA ADOSADA A LA PRESA  
O A LA LADERA

- 1. Rejilla metálica
- 2. Compuerta de servicio
- 3. Caseta de operación
- 4. Pozo de oscilación
- 5. Casa de válvulas

- 6. Casa de máquinas
- 7. Conducto a presión
  - a). Túnel revestido
  - b). Tubería a la intemperie
  - c). Tubería alojada en lumbrera

TORRE DE TOMA

- 1. Rejilla metálica
- 2. Puente de acceso a la torre
- 3. Caseta de operación o inspección

Figura 1.3. Elementos de un sistema de conducción con túnel a presión (CFE, 1991)

### **1.3.3. Conducción con captación a pie de presa**

Su principal característica es la comunicación directa entre el embalse y la casa de máquinas, mediante la tubería a presión de longitud relativamente corta. La central se ubica al pie de la presa (Figura 1.4), se integra por los siguientes elementos:

- Obra de toma (adosada al paramento aguas arriba de la presa, en ocasiones con canal de llamada; o bien como una torre de toma dentro del embalse).
- Tubería a presión (generalmente contenida al cuerpo de la presa).

Este tipo de conducción se emplea cuando las condiciones geológicas y topográficas del sitio sólo permiten aprovechar la carga hidráulica que se crea en el embalse.

## **1.4. ELEMENTOS DE CONDUCCIÓN**

En los sistemas antes mencionados existen obras e instalaciones principales para la conducción y control del agua, y obras auxiliares para su operación y protección. Los elementos de los sistemas de conducción se clasifican en:

- 1.4.1. Obras de captación: presa de derivación y obras de toma.
- 1.4.2. Conducción por gravedad: Canales, cajones y túneles parcialmente llenos.
- 1.4.3. Conducción a presión: tuberías, túneles y sifones.
- 1.4.4. Instalaciones auxiliares: tanques de regulación, vertedores, desarenadores, pozos de oscilación, lumbreras, casetas de válvulas y estructuras de apoyo.

A continuación se hace una breve descripción de los elementos anteriores.

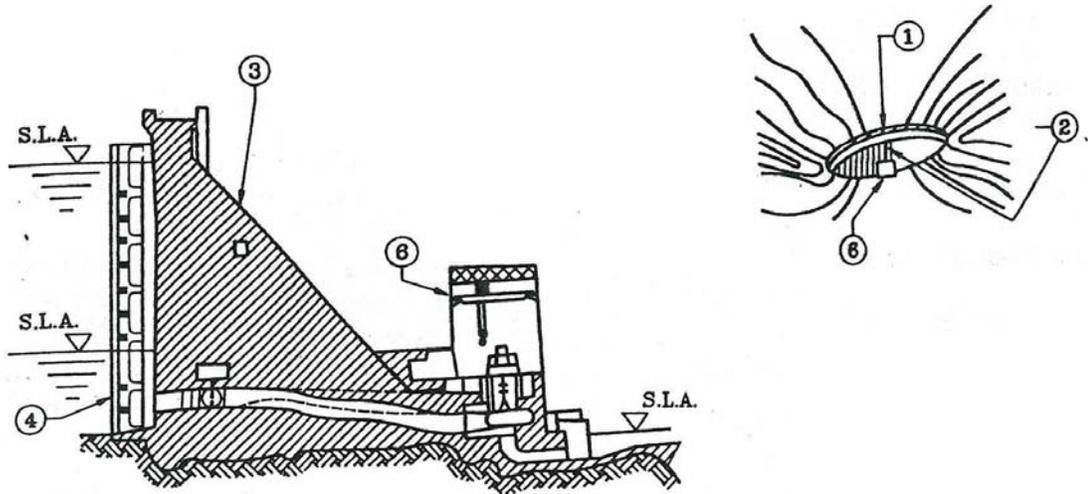
### **1.4.1. Obras de captación**

#### **Presas derivadoras**

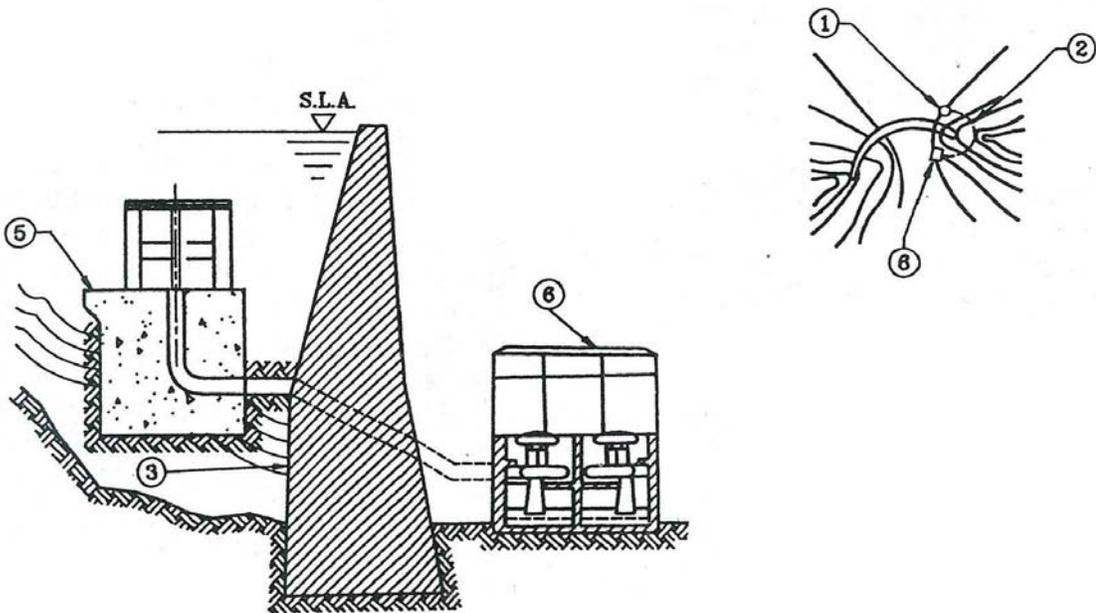
Es una estructura dispuesta en forma perpendicular al sentido de la corriente. Tiene por objeto aumentar la carga hidráulica para garantizar el gasto requerido por la central generadora y mantiene el nivel por arriba de la obra de toma. Su tipo y dimensiones dependen del volumen de agua que se requiere controlar y aprovechar y de las características del escurrimiento del cause. Existen tres tipos de obras de captación de acuerdo con los materiales utilizados para su construcción.

- Tipo indio: Se construye de tierra y enrocamiento, tiene una estructura de toma adyacente, a superficie libre, que controla el caudal (Figura 1.5).
- Tipo rígida: Se constituye de una estructura hecha de concreto reforzado y/o mampostería y cuenta con una estructura de toma igual que en la tipo indio (Figura 1.6).

- Tipo alpina: Es de concreto reforzado y forma un canal de captación longitudinal, este tipo de obra de captación levanta por si misma el nivel del agua, capta el caudal sobre su corona y lo conduce hacia los canales (Figura 1.7).



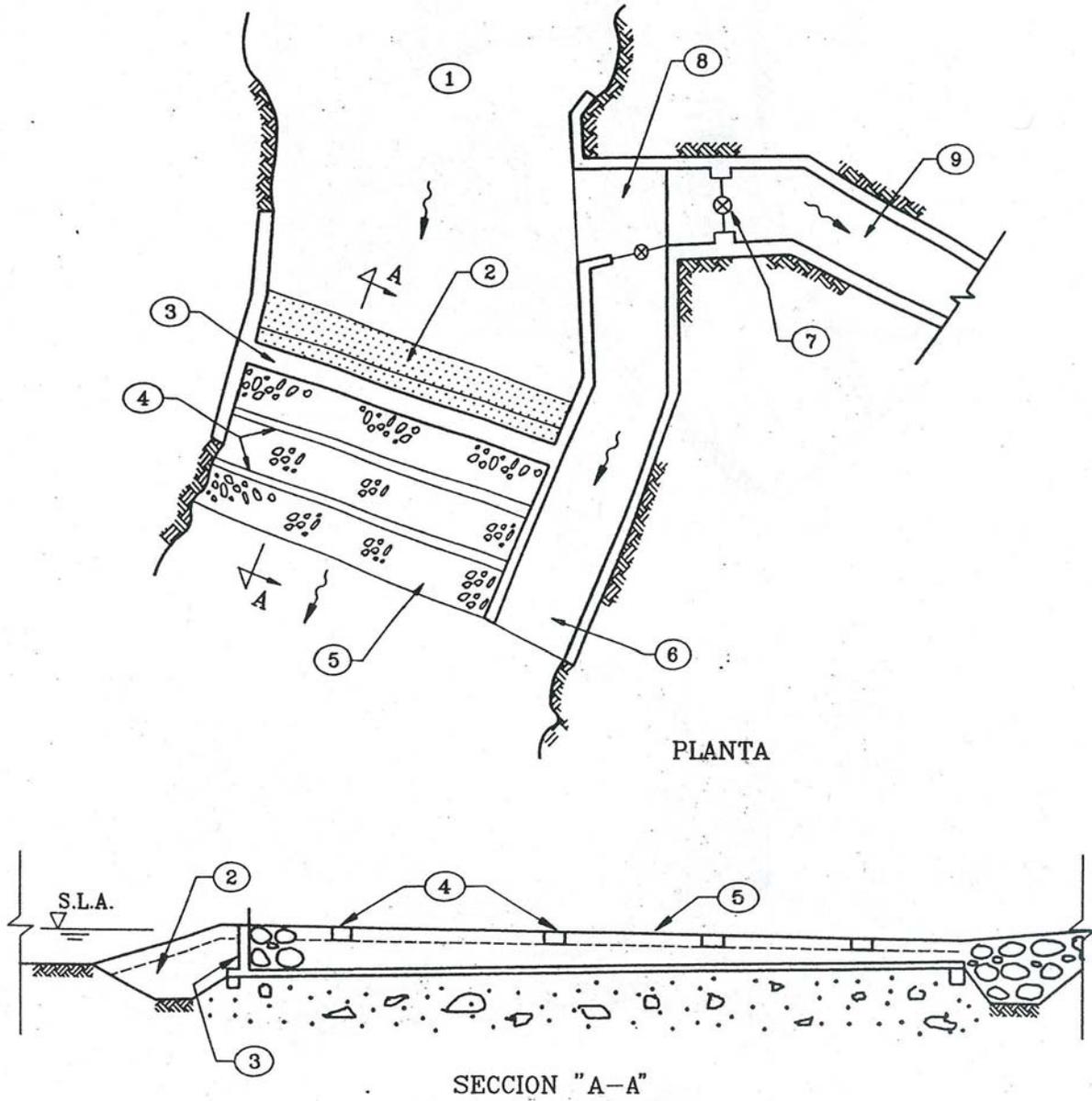
b)



a)

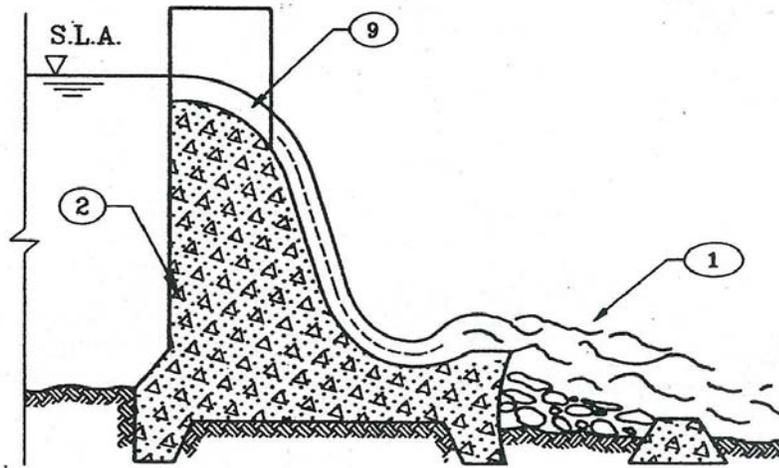
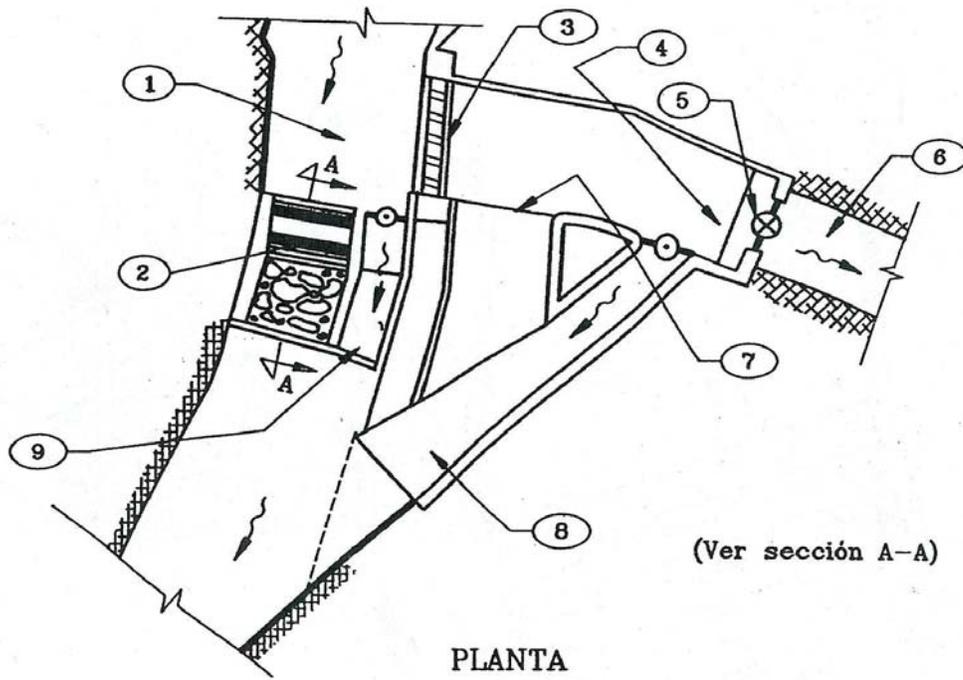
- |                       |                             |
|-----------------------|-----------------------------|
| 1. Captación          | 4. Toma adosada a la presa  |
| 2. Conducto a presión | 5. Toma adosada a la ladera |
| 3. Presa              | 6. Casa de máquinas         |

Figura 1.4. Conducción con túnel a presión (CFE, 1991)



- |                                                     |                            |
|-----------------------------------------------------|----------------------------|
| 1. Río                                              | 6. Canal del desarenador   |
| 2. Plantilla impermeable                            | 7. Compuerta de derivación |
| 3. Muro de concreto                                 | 8. Desarenador             |
| 4. Refuerzo de concreto simple                      | 9. Canal de conducción     |
| 5. Enrocamiento con lechada superficial de concreto |                            |

Figura 1.5. Presa de derivación tipo indio (CFE, 1991)



- |                          |                                      |
|--------------------------|--------------------------------------|
| 1. Río                   | 6. Canal de conducción               |
| 2. Presa                 | 7. Vertedor lateral                  |
| 3. Rejilla de derivación | 8. Canal de descarga del desarenador |
| 4. Desarenador           | 9. Vertedor de la presa              |
| 5. Compuerta             |                                      |

Figura 1.6. Presa de derivación tipo rígida (CFE, 1991)

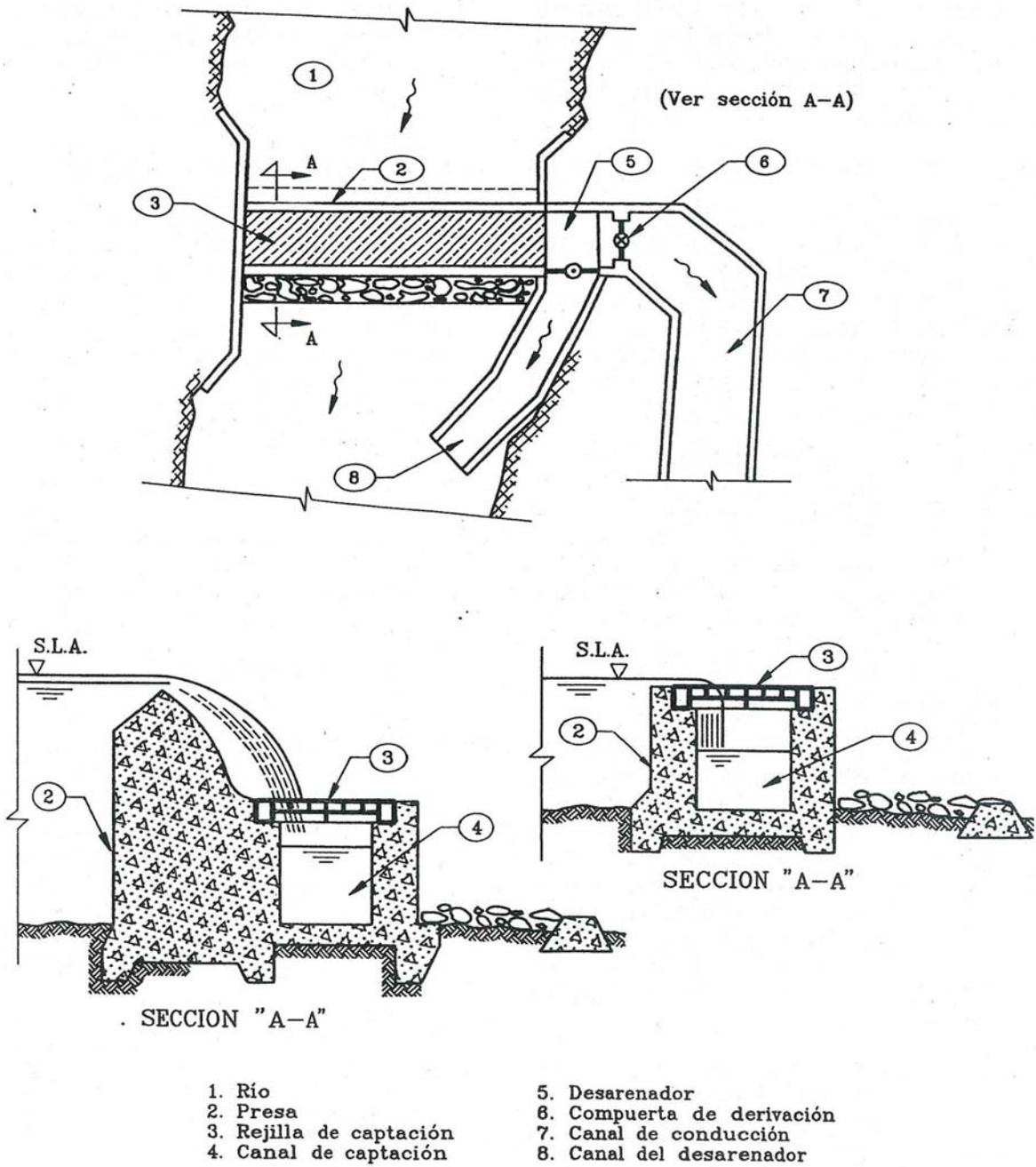


Figura 1.7. Presa de derivación tipo alpina (CFE, 1991)

## **Obra de toma**

Sus características dependen del tipo de captación, del volumen de agua requerido, del tipo de embalse y el tipo de conducción, llegando a ser un diseño específico para cada proyecto. En un sistema de conducción estas estructuras se encuentran como:

- Torre de toma ubicada dentro del embalse: La estructura colectora está separada de la ladera de la montaña, aguas arriba del paramento de la presa, y esta conectada directamente al túnel de presión (Figura 1.3). Los dispositivos de control del flujo se alojan en la misma torre o en una lumbrera separada que interfecta el túnel.
- Toma adosada a la presa o a la ladera de la montaña: Los elementos de control del flujo están fijos o alojados en una estructura construida sobre la ladera de la montaña o el paramento de la presa aguas arriba (Figura 1.4).
- Toma en tanques de regulación: Es una estructura integrada al tanque que se ubica en la parte más baja del mismo (Figura 1.12). Los elementos de control del caudal y las rejillas de protección se alojan en ella.

### **1.4.2. Conducción por gravedad**

#### **Canales**

Son estructuras excavadas en el terreno natural, sus taludes y plantillas pueden estar revestidos con concreto o zampeado. También se construyen sobre la superficie en forma de cajones y muros de concreto o mampostería; o a través de la montaña como túneles. En todos los casos su función es conducir el agua a superficie libre únicamente bajo el efecto de la gravedad. Su sección transversal puede ser:

- Abierta, con geometría rectangular, trapecial, trapezoidal, semicircular y compuesta.
- Cerrada, como los cajones, canales de secciones rectangular y trapecial con tapas (losas), y los tubos y túneles circulares y de herradura trabajando parcialmente llenos.

Las dimensiones y secciones se determinan con base en las características hidráulicas, topográficas y facilidades en el proceso de constructivo.

#### **Cajones**

Son conductos cerrados de concreto reforzado y presentan la misma variedad en la sección transversal que los canales abiertos. En la conducción por canales algunos de sus tramos se cubren con losas de concreto reforzado para protegerlos contra derrumbes y “caídos” de tierra, piedras o vegetación que azolvan su interior.

## **Túneles parcialmente llenos**

Los túneles son conductos subterráneos abiertos por medios mecánicos de perforación y extracción del material. Un túnel parcialmente lleno (trabajando como canal) se construye para salvar grandes montañas donde el trazo de la conducción por canales abiertos implica grandes movimientos de tierra, debido a la excavación de laderas muy accidentadas o al relleno excesivo de barrancas, y para evitar puentes-canal o sifones muy largos. Su pared interior puede ser de roca libre o un revestimiento de concreto reforzado o lanzado. La Figura 1.8 presenta algunas secciones transversales tipo, usadas en túneles que funcionan como canales. Las principales condiciones para asegurar su correcto funcionamiento estructural e hidráulico deben ser la estabilidad interior de sus paredes, la estabilidad exterior en la zona de los portales de entrada-salida, así como la resistencia de la roca para evitar filtraciones.

### **1.4.3. Conducción a presión**

#### **Tuberías metálicas**

En la Tabla 1.1 se da una clasificación de las tuberías a presión más comunes, tomando en cuenta los efectos que influyen en su comportamiento, tipo de ensamble y el medio que las rodea. Estas tuberías pueden ser superficiales o alojadas dentro de túneles o lumbreras.

#### **Tuberías de concreto**

Estas tuberías se fabrican con varillas o placas metálicas de refuerzo ahogadas en concreto. O pueden ser fabricadas “in situ” o prefabricadas, de concreto normal o presforzado. Estas tuberías se colocan superficialmente, semienterradas o enterradas. Sus puntos de falla son las juntas entre cada tramo, los cambios de pendiente y las zonas cercanas a las bifurcaciones y trifurcaciones.

#### **Tuberías de concreto**

Estas tuberías se fabrican con varillas o placas metálicas de refuerzo ahogadas en concreto. O pueden ser fabricadas “in situ” o prefabricadas, de concreto normal o presforzado. Estas tuberías se colocan superficialmente, semienterradas o enterradas. Sus puntos de falla son las juntas entre cada tramo, los cambios de pendiente y las zonas cercanas a las bifurcaciones y trifurcaciones.

**Tabla 1.1. Tipos de tuberías metálicas a presión.**

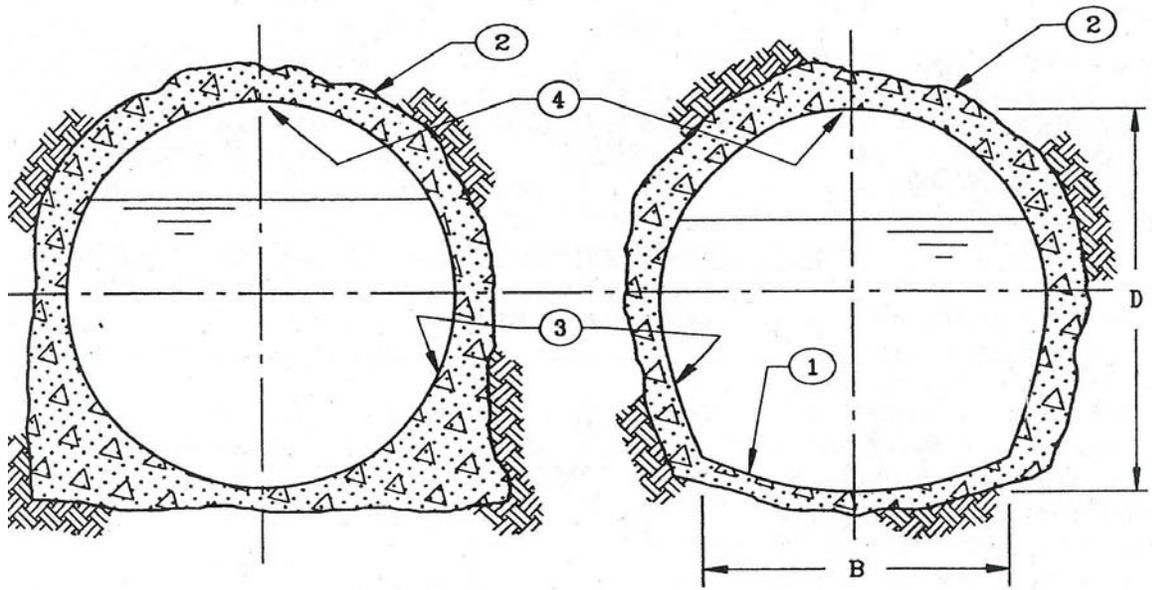
TIPO	CARACTERISTICAS
a) Fija con junta de expansión; a la intemperie.	Tubería instalada con sus extremos fijos en bloques de anclaje y provista con una junta de expansión entre cada tramo.
b) Fija con junta de expansión; alojada en túneles o lumbrera.	Igual al inciso a), solo que alojada en túneles o lumbreras.
c) Con juntas flexibles; a la intemperie.	Tubería instalada con o sin extremos fijos en bloques de anclaje y la unión entre los tubos por medio de juntas flexibles que sustituyen a la junta de expansión.
d) Fija sin junta de expansión a la intemperie.	Tubería instalada con sus extremos fijos en bloques de anclaje y juntas entre los tubos unidas por soldadura y sin juntas de expansión.
e) Fija sin junta de expansión; empacada.	Tubería instalada y cubierta totalmente de concreto y en condiciones tales que no le afectan variaciones de temperatura del ambiente exterior.
f) Fija sin junta de expansión; enterrada.	Tubería cuyos extremos pueden estar o no fijos en bloques de anclaje, alojada en el subsuelo o instalada a tal profundidad que las variaciones de temperatura no le afectan.
g) Libre sin junta de expansión; a la intemperie.	Tubería instalada directamente sobre la superficie del terreno, sin bloques de anclaje y únicamente con la sujeción necesaria para mantenerla alineada. Las juntas entre los tubos son soldadas.
h) Fija o libre con juntas de brida o de tipo campana	Tubería instalada a la intemperie, con o sin anclaje en bloques, las juntas entre los tubos mediante bridas o del tipo campana.

**Túneles**

Estos están generalmente revestidos. Las funciones del revestimiento son resistir las cargas exteriores de roca y la presión interna del agua; proteger a la roca contra la acción del agua, reducir la rugosidad y evitar las filtraciones. Su refuerzo se hace por medio de varillas, perfiles o placas de acero.

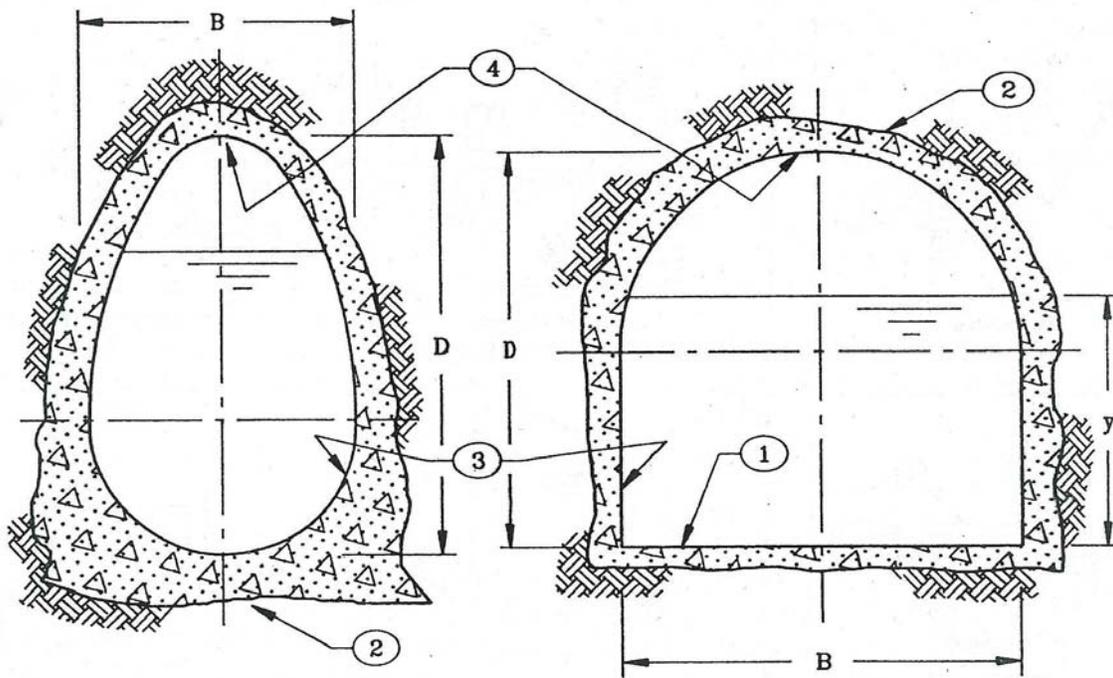
**Sifones invertidos**

Se utilizan para salvar depresiones en el terreno. Su funcionamiento y disposición son opuestos a los de un sifón normal, ya que trabajan a presión manométrica positiva y su nivel más bajo es menor que sus niveles a la entrada y a la salida (Figura 1.9). Para asegurar un buen funcionamiento hidráulico se requiere que la elevación a la salida sea menor que la cota de entrada, esta diferencia debe ser igual a la pérdida de carga, como mínimo, para garantizar el gasto de diseño. Para su mantenimiento e inspección deben contar con una entrada-hombre en la parte más baja y una válvula que permita su vaciado y desazolve.



SECCION CIRCULAR

SECCION HERRADURA



SECCION OVIFORME

SECCION HERRADURA  
CON PAREDES VERTICALES

- 1. Plantilla
- 2. Límite de excavación
- 3. Revestimiento de concreto reforzado
- 4. Clave

- Simbología
- D = Diámetro, en m
  - y = Tirante, en m
  - B = ancho, en m

Figura 1.8. Secciones transversales de túneles (CFE, 1991)

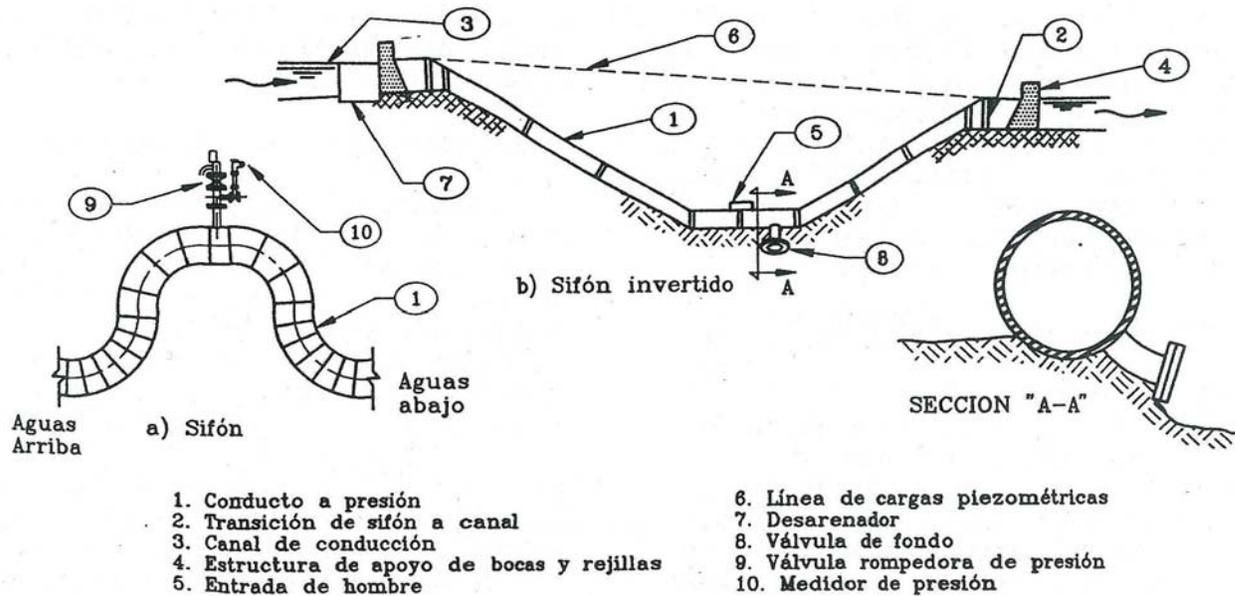


Figura 1.9. Sifones (CFE, 1991)

#### 1.4.4. Instalaciones auxiliares

##### Vertedor lateral

Se dispone a lo largo de los canales para la descarga de demasías, sobretodo en los cambios de dirección, (Figura 1.10). La cresta del cimacio es paralela y lateral al canal, sobre la cual el escurrimiento pasa a un conducto de descarga que es el canal colector. Su estructura es de concreto reforzado, de concreto simple, de mampostería o zampeado y debe estar anclada al terreno natural (el que debe ser roca).

##### Desarenadores

Se constituyen básicamente de una pequeña cámara de sedimentación, una compuerta, una canal de desvío y lavaderos de desfogue. Se pueden construir de concreto o mampostería. Están dispuestos en una conducción a superficie libre con el fin de evitar que el material de azolve provoque pérdidas del gasto o que llegue hasta las unidades generadoras y las dañe. Sus dimensiones se determinan en función del volumen de partículas en arrastre o suspensión y su velocidad de caída (Figura 1.11).

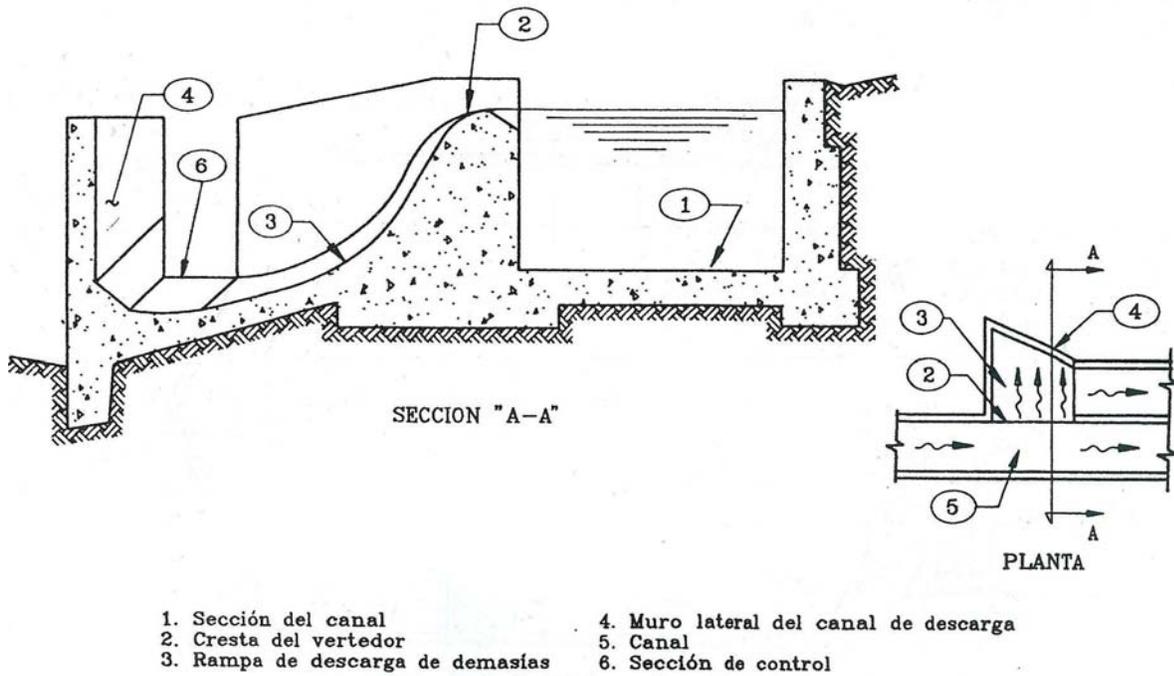


Figura 1.10. Vertedor lateral (CFE, 1991)

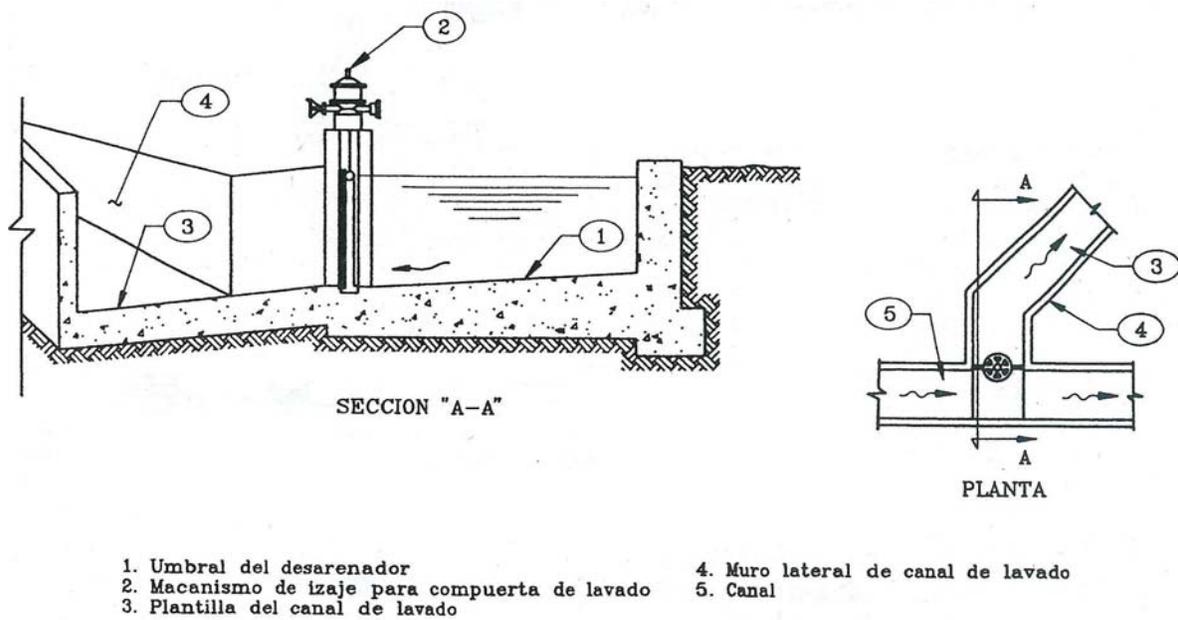


Figura 1.11. Desarenador en canal (CFE, 1991)

### **Tanque de regulación**

Su función es almacenar y regular el agua de acuerdo a las necesidades de generación de energía eléctrica (Figura 1.12). Sus principales estructuras son:

- Transición de llegada (canal de conducción a tanque).
- Muros y plantilla.
- Vertedor de demasías.
- Desarenador con desfogue de fondo.
- Estructura de obra de toma.
- Caseta de operación de válvulas o compuertas.

### **Pozo de oscilación**

Por la operación de la central, el anillo del distribuidor de las turbinas se abre o se cierra en forma más o menos rápida, esto crea una onda de presión que viaja aguas arriba por la tubería hasta el almacenamiento, donde es reflejada hacia la turbina. Si la tubería es muy larga la onda de presión es de gran magnitud. El fenómeno de estas ondas rápidas de presión se conoce con el nombre de “golpe de ariete”.

Un dispositivo eficaz para controlar dicho fenómeno es la cámara o pozo de oscilación, esta estructura transforma las ondas de presión en oscilaciones de masa de agua mucho más lentas y de menor amplitud, protegiendo al conducto de posibles daños.

### **Lumbreras**

Son conductos que, en general, se construyen realizando una excavación vertical o inclinada en el terreno y su pared se recubre de concreto reforzado o con placas metálicas. Se destinan para varios fines, alojan compuertas o válvulas, dan acceso para la inspección y mantenimiento de instalaciones subterráneas; sirven como conductos de ventilación o bien, alojan y dan acceso a las tuberías de presión. La sección trasversal y las dimensiones de estas obras dependen del servicio a que se destinen y pueden ser cuadradas, circulares o de forma irregular, por ejemplo; para alojar a las tuberías de presión se requiere espacio para la inspección y reparaciones sobre la tubería; para acceso a instalaciones subterráneas alojan escaleras marinas, cubos de escaleras y elevadores de sección grande que tienen conductos de ventilación adicional (Figura 1.14).



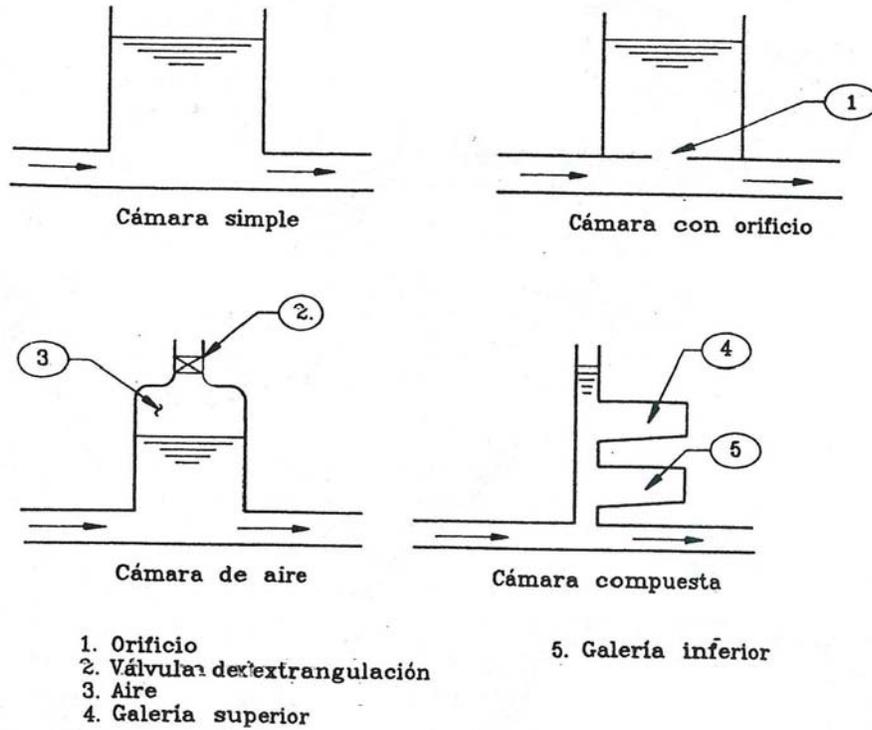


Figura 1.13. Tipos de cámaras de oscilación (CFE, 1991)

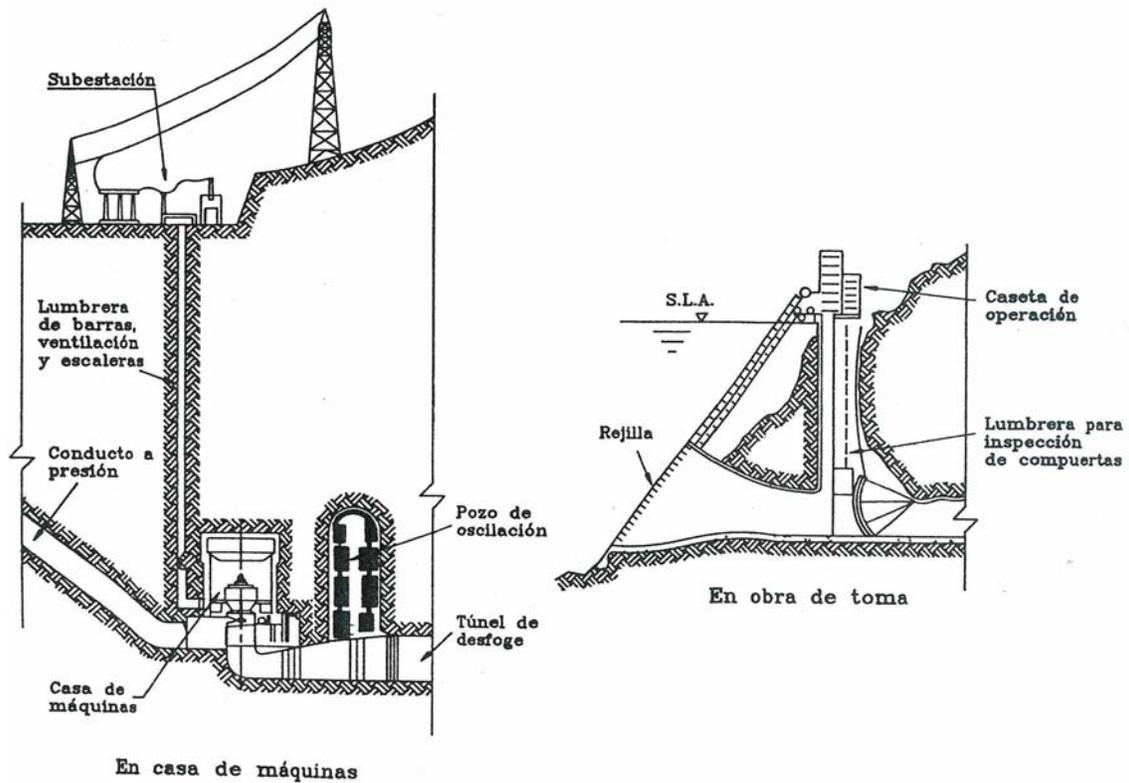


Figura 1.14. Lumbreras (CFE, 1991)

## 1.5. CASA DE MAQUINAS

### 1.5.1 Tipos de casa de máquinas

La casa de máquinas es la estructura que aloja en su interior los equipos que generan la energía eléctrica, así como otros auxiliares necesarios para la operación, control y protección de los equipos principales.

De acuerdo a su disposición en el terreno, las casas de máquinas pueden ser de dos tipos: superficiales y subterráneas. Las primeras se construyen al pie de la presa, expuestas al medio ambiente (Figura 1.15) y las subterráneas son aquellas que por las condiciones topográficas, geológicas y de proyecto se construyen en el interior de la montaña (Figuras 1.16 y 1.17).

Para fines prácticos estas estructuras se dividen en: subestructura, nivel de turbinas, nivel de generadores, nivel de excitadores y superestructura. En la Tabla 1.2 se desglosan las áreas e instalaciones de una casa de máquinas a las que se da mantenimiento civil, y en las Figuras 1.18, 1.19 y 1.20 se presentan sus detalles típicos.

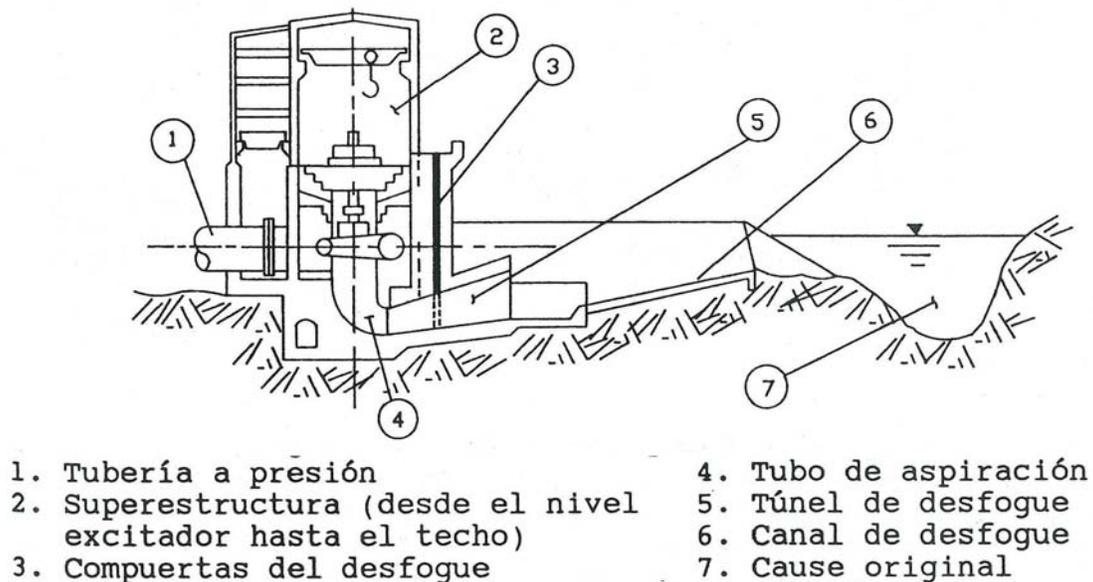
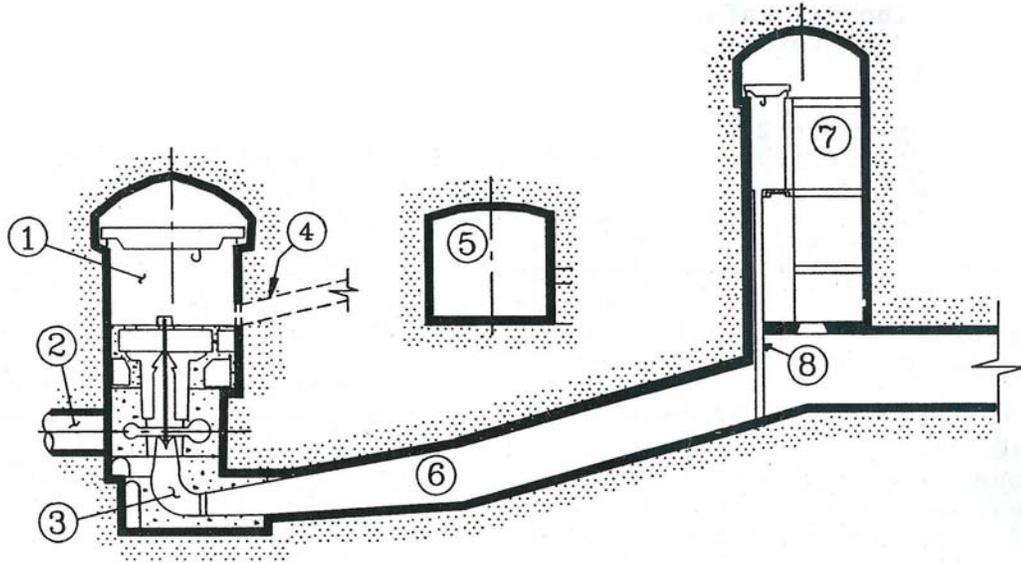


Figura 1.15. Casa de máquinas superficial (CFE, 1991)

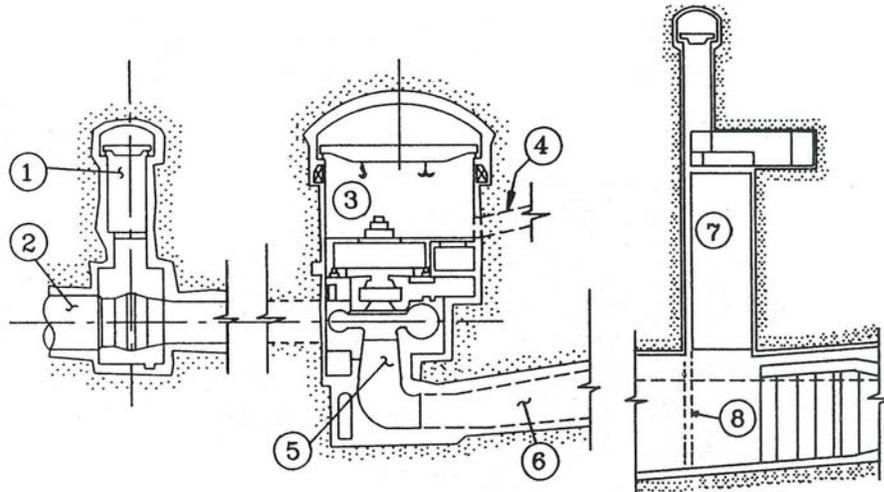
**Tabla 1.2. Áreas e instalaciones de una casa de máquinas.**

<p><b>SUBESTRUCTURA</b> (desde el nivel de desplante de la cimentación hasta el eje del distribuidor)</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Túnel o tubería de desfogue</li> <li>- Tubo de aspiración</li> <li>- Galerías de inspección y de filtraciones</li> <li>- Galerías de drenaje</li> <li>- Cárcamos de bombeo</li> <li>- Galería de válvulas principales de la conducción a presión</li> </ul>
<p><b>NIVEL DE TURBINAS</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Área de turbinas</li> </ul>
<p><b>NIVEL DE GENERADORES</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Área de operación de los generadores</li> <li>- Galerías o ductos de cables</li> <li>- Piso de baterías</li> <li>- Área de tableros</li> <li>- Talleres</li> </ul>
<p><b>NIVEL DE EXITADORES</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Área de excitadores</li> <li>- Área de la turbina auxiliar</li> </ul>
<p><b>SUPERESTRUCTURA</b> (desde el nivel de excitadores hasta el techo o bóveda)</p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Estructura metálica o de concreto</li> <li>- Grúa viajera</li> <li>- Techo o bóveda</li> <li>- Áreas de control</li> </ul>
<p><b>INSTALACIONES</b></p>
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sistemas de ventilación y aire acondicionado</li> <li>- Sistemas contra incendio</li> <li>- Sistemas hidráulico y sanitario</li> <li>- Red de tierras</li> <li>- Sistema de bajadas pluviales</li> <li>- Sistema de drenaje</li> <li>- Sistema de bombeo</li> <li>- Alumbrado</li> <li>- Galerías auxiliares (de inspección, de drenaje, etc.)</li> </ul>



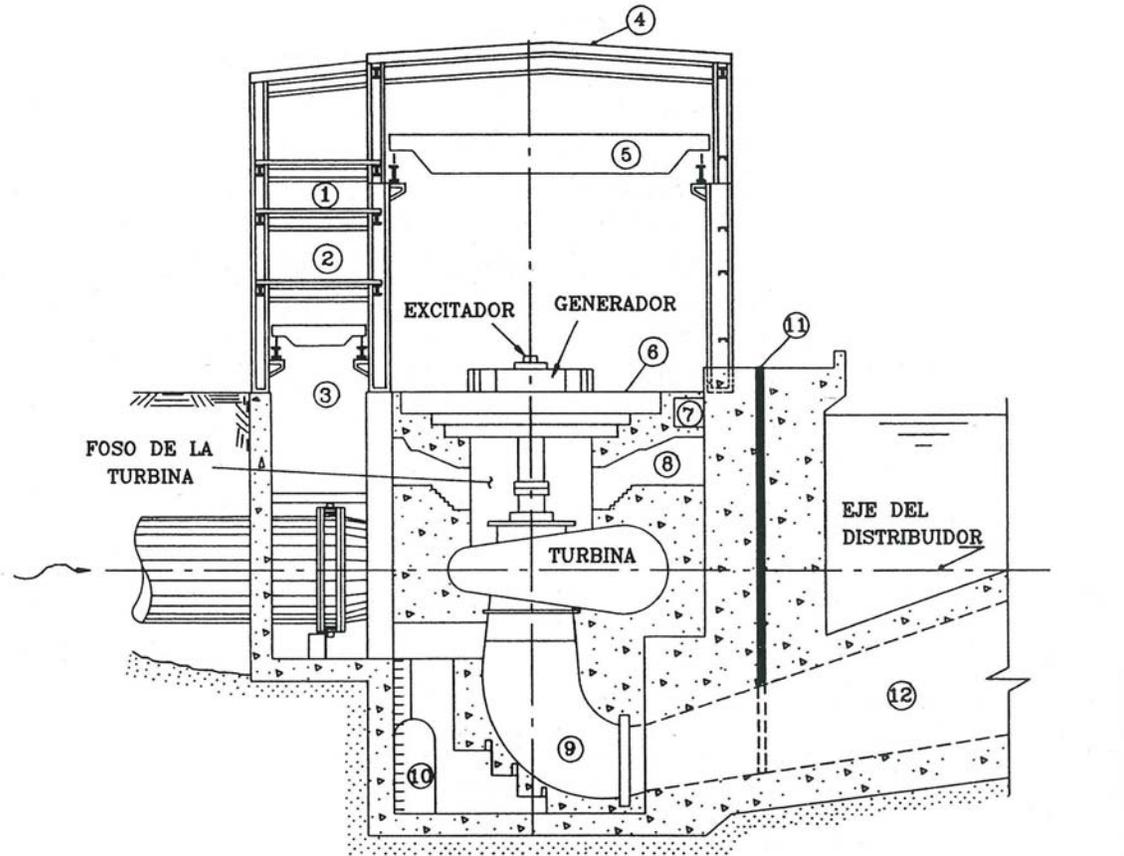
- |                                                                   |                               |
|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| 1. Superestructura (desde el nivel del excitador hasta la bóveda) | 4. Túnel de acceso            |
| 2. Tubería a presión                                              | 5. Galería de transformadores |
| 3. Tubo de aspiración                                             | 6. Túnel de desfogue          |
|                                                                   | 7. Pozo de oscilación         |
|                                                                   | 8. Compuertas del desf.       |

**Figura 1.16. Casa de Máquinas subterránea (CFE, 1991)**



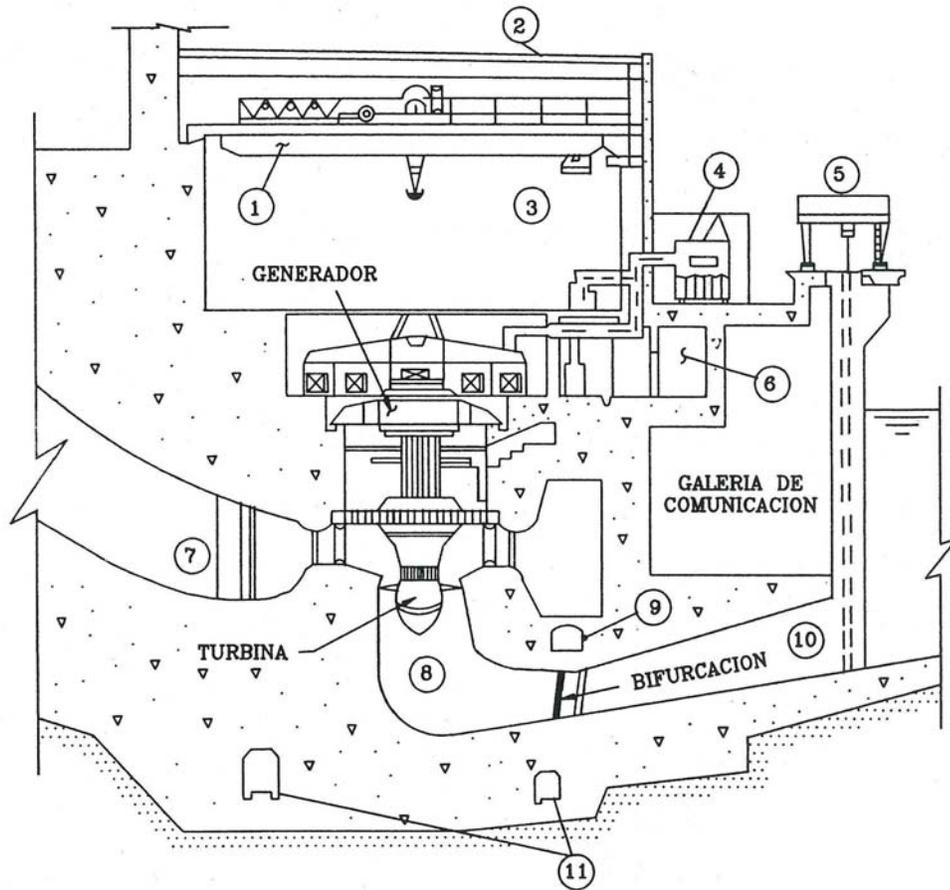
- |                                                                   |                            |                       |
|-------------------------------------------------------------------|----------------------------|-----------------------|
| 1. Galería de válvulas                                            | 4. Túnel de acceso         | 5. Tubo de aspiración |
| 2. Tubería a presión                                              |                            | 6. Túnel de desfogue  |
| 3. Superestructura (desde el nivel del excitador hasta la bóveda) | 7. Pozo de oscilación      |                       |
|                                                                   | 8. Compuertas del desfogue |                       |

**Figura 1.17. Casa de Máquinas subterránea (CFE, 1991)**



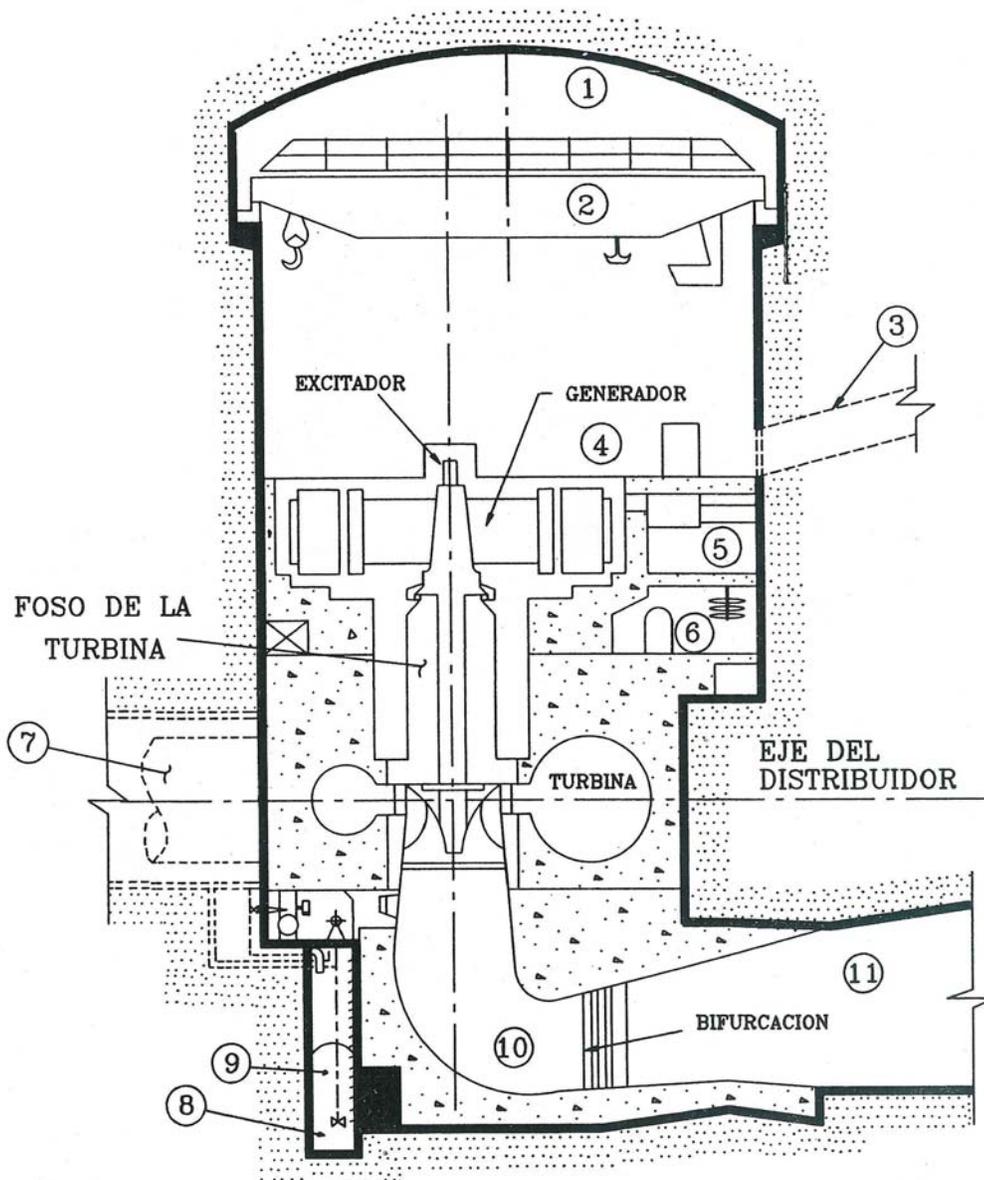
- |                      |                         |                             |
|----------------------|-------------------------|-----------------------------|
| 1. Nivel de baterías | 6. Nivel de excitadores | 11. Compuertas del desfogue |
| 2. Area de tableros  | 7. Nivel de generadores | 12. Tunel de desfogue       |
| 3. Area de válvulas  | 8. Nivel de turbinas    |                             |
| 4. Cubierta          | 9. Tubo de aspiración   |                             |
| 5. Grúa viajera      | 10. Galería de drenaje  |                             |

**Figura 1.18. Detalle de una Casa de Máquinas superficial con superestructura de concreto reforzado (CFE, 1991)**



- |                                                                  |                        |                                 |
|------------------------------------------------------------------|------------------------|---------------------------------|
| 1. Grúa viajera                                                  | 4. Transformador       | 7. tubería de presión           |
| 2. Techo                                                         | 5. Grúa para compuerta | 8. Tubo de aspirac. de desfogue |
| 3. Superestructura (desde el nivel del excitador hasta el techo) | 6. galería de cables   | 9. galería de drenaje           |
|                                                                  | 10. Tunnel de desf.    | 11. Galería(s) de drenaje       |

**Figura 1.19. Detalle de una casa de máquinas superficial con superestructura metálica (CFE, 1991)**



- |                         |                         |                        |
|-------------------------|-------------------------|------------------------|
| 1. Bóveda               | 5. Nivel de generadores | 8. Cárcamo de bombeo   |
| 2. Grúa viajera         | 6. Nivel de Turbinas    | 9. Galería de drenaje  |
| 3. Túnel de acceso      | 7. Tubería de presión   | 10. Tubo de aspiración |
| 4. Nivel de excitadores | 11. Túnel de desfogue   |                        |

Figura 1.20. Detalle de una Casa de Máquinas subterránea (CFE, 1991)