

ÍNDICE

Tema A-Centrales:

8.A.1-Clasificación.

8.A.2-Hidroeléctricas

Centrales de Pasada o de agua corriente

Centrales de Embalse

Centrales de Acumulación y Bombeo

Máquinas Impulsoras

8.A.3-Térmicas

Centrales convencionales de vapor

Centrales Nucleares de Vapor

Turbo gas

Diesel

Tema B-Sistema Eléctrico de Potencia:

8.B.1-Esquema, componentes.

8.B.2-Potencia y demanda de un sistema.

8.B.3-Potencia media, potencia instalada, factor de carga, factor de utilización, factor de reserva, reserva fría.

8.B.4-Tiempo de utilización y coste de la energía.

8.B.5-Centrales de Punta y de Base.-

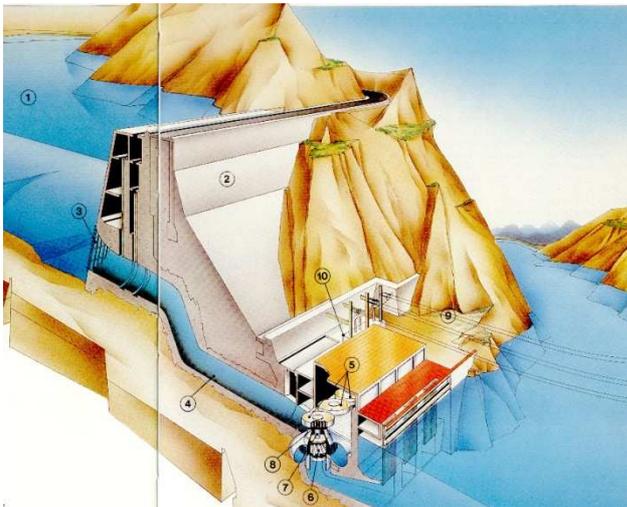
Tema A CENTRALES

La energía eléctrica que aprovechan los distintos usuarios está sujeta a una serie de etapas, de carácter técnico económico, que pueden resumirse en: producción o generación, transformación en sus distintas etapas (elevación y rebaje), transmisión, distribución y comercialización.-

8.A.1. CLASIFICACIÓN

La producción de energía realizada en las Usinas o Centrales Eléctricas, las clasificamos en dos grandes grupos: Producción **Térmica** e **Hidráulica** de energía eléctrica. En ambos casos se transforma una energía potencial (química o gravitatoria) en energía eléctrica. Pasamos a dar las características de cada una de los tipos de centrales:

1.- **CENTRALES HIDRÁULICAS**: En contraposición con lo precedentemente expresado, las centrales hidroeléctricas, se caracterizan por: elevado período de construcción, alrededor de los 6 años, con un gran costo de inversión inicial, por la gran envergadura de las obras hidráulicas (dique, canales, etc.) que se deben realizar; su vida útil es sustancialmente superior, alrededor de los 40 años, su gasto de explotación son mínimos dado que no consume combustible. Se encuentran condicionadas en potencias, a las condiciones naturales del aprovechamiento, es decir al salto y caudal, en cambio la potencia de las Centrales Térmicas, prácticamente no tiene limitación. Normalmente se encuentran ubicadas lejos de los grandes centros de consumo (El Chocón-Buenos Aires, El Nihuil-Mendoza), lo que exige una ejecución de grandes sistemas de transmisión que abultan la inversión inicial. Debemos hacer resaltar que además de generarse energía con un aprovechamiento se regula el río, optimizando el riego, se evitan crecidas y se asegura el agua potable y de uso industrial.-



Referencias

1. Agua embalsada
2. Presa
3. Rejas filtradoras
4. Tubería forzada
5. Conjunto de grupos turbina-alternador
6. Turbina
7. Eje
8. Generador
9. Líneas de transporte de energía eléctrica
10. Transformadores

La experiencia demuestra que, efectuándose un balance de la vida útil de los dos tipos de centrales, resulta más conveniente la hidroeléctrica, es decir el costo del kWh generado, promedio en su vida útil, es menor para las hidráulicas que para las térmicas. Sin embargo, no debemos olvidar que se encuentran sujetas a variaciones climáticas que pueden reducir considerablemente su producción (sequías).

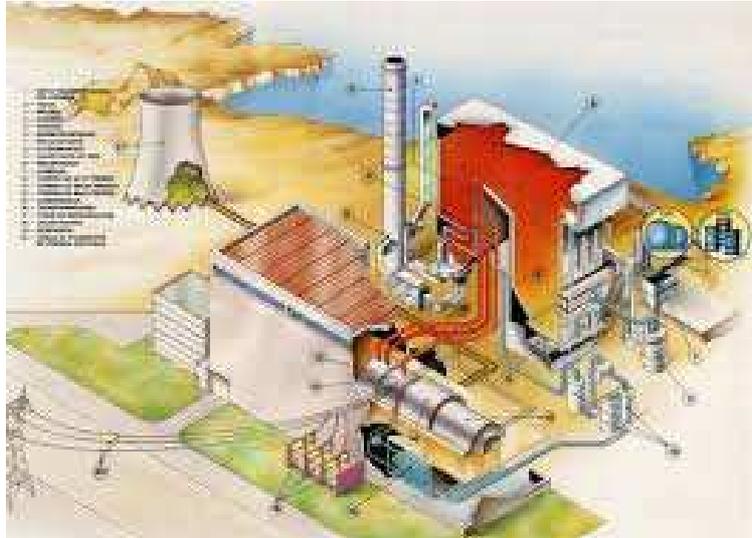
Por todo lo expuesto, es aconsejable en cualquier sistema de energía complementar las Centrales Hidroeléctricas con una adecuada instalación de generación térmica. De este modo se podrá atender con rapidez, los incrementos de demandas y el costo promedio de generación del sistema resultará un costo aceptable. Además debemos tener presente que los recursos de capital con los que disponen los distintos países son limitados, y en consecuencia, dichos

ELECTROTECNIA Y MÁQUINAS ELÉCTRICAS - **PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

recursos no podrían atender la totalidad de la inversión , tendiente a satisfacer los incrementos de la demanda, que en definitiva, se van a traducir en un mayor desarrollo industrial.

2.- **CENTRALES TÉRMICAS:** el plazo de ejecución de este tipo de central es relativamente bajo, pudiendo estimarse entre dos y tres años. La vida útil de las instalaciones oscila alrededor de los 20 ó 25 años. Poseen la ventaja de poderse ubicar normalmente cerca de los centros de consumo, lo que trae aparejado una disminución muy considerable de costos, por reducción de la longitud de las líneas de transmisión de energía. Tiene un elevado costo de explotación, por el consumo de combustible y además su costo de mantenimiento también es elevado. El costo de inversión, es sustancialmente menor que el de las Centrales Hidroeléctricas, pudiendo afirmarse que en líneas generales resulta ser la tercera parte.-

El período de construcción es menor sustancialmente que el de las hidroeléctricas. Deben ubicarse cerca de ríos que permitan el abastecimiento del agua de refrigeración.-



Otros tipos constructivos de Centrales Eléctricas

Con el nombre genérico de centrales “no convencionales” agrupamos a las generaciones de energía en desarrollo tecnológico o de desarrollo limitado, las que explotadas convenientemente pueden resultar de interés técnico- económico. Podemos citar, como las más desarrolladas a:

- 3 – Centrales geotérmicas, que son las más desarrolladas.
- 4 – Centrales mareomotrices.
- 5 – Centrales eólicas.
- 6 – Centrales solares.
- 7 – Centrales Nucleares.

8.A.2. CENTRALES HIDROELÉCTRICAS

En estas instalaciones se aprovecha la energía potencial del agua para transformarla sucesivamente en energía cinética y posteriormente en energía mecánica en las turbinas, para finalmente obtener la energía eléctrica en los alternadores de la central.

La potencia que se puede obtener en un aprovechamiento, está dada por la siguiente expresión, en la que Q es el caudal en metros cúbicos por segundo y H la altura en metros:

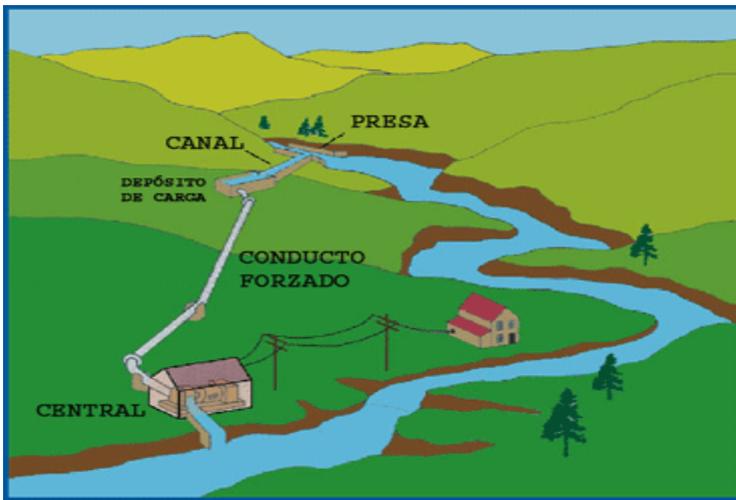
$$P (CV) = 10 \times Q \times H$$

$$P (kW) = 7,36 \times Q \times H$$

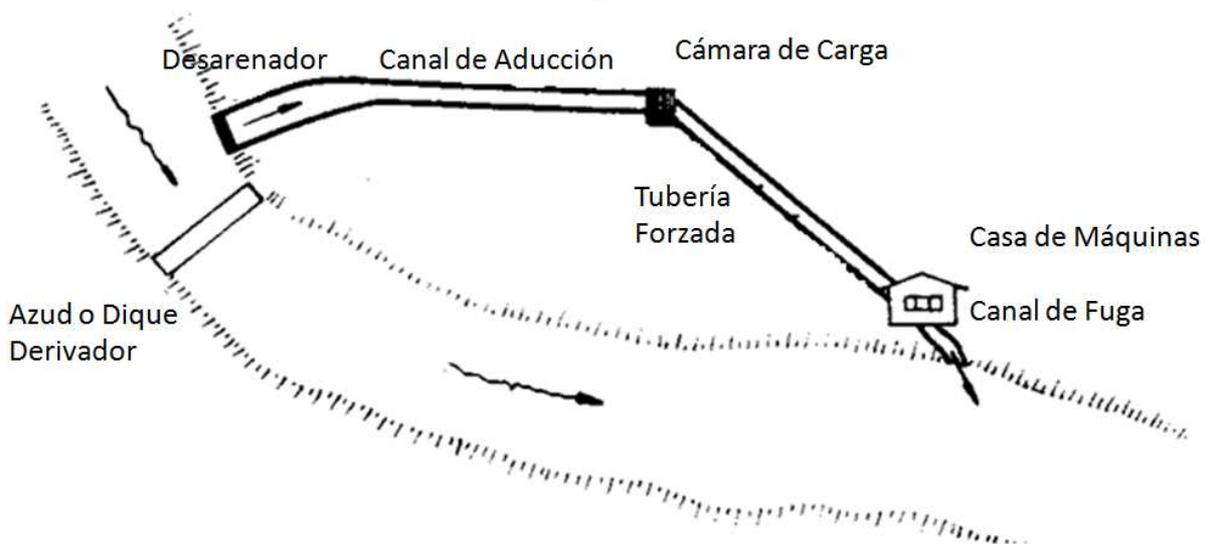
Los tipos de aprovechamiento más comunes son los siguientes:

CENTRALES DE PASADA O DE AGUA CORRIENTE.

En ellas no se acumula agua sino que solamente se deriva a través de un dique derivador llamado azud. La central se diseña para un cierto caudal: si el del río en un instante es menor, se generará menos potencia; si fuese mayor, el caudal no se puede aprovechar y se pierde. El agua derivada se hace circular por cámaras desarenadoras y por un canal de aducción, a efectos de ganar altura respecto del río. Llega a una cámara de carga o depósito y de allí se encausa en las tuberías forzadas, las que a través de distribuidores alimentan a las turbinas hidráulicas.-



Central de Agua Corriente



ELECTROTECNIA Y MÁQUINAS ELÉCTRICAS - **PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

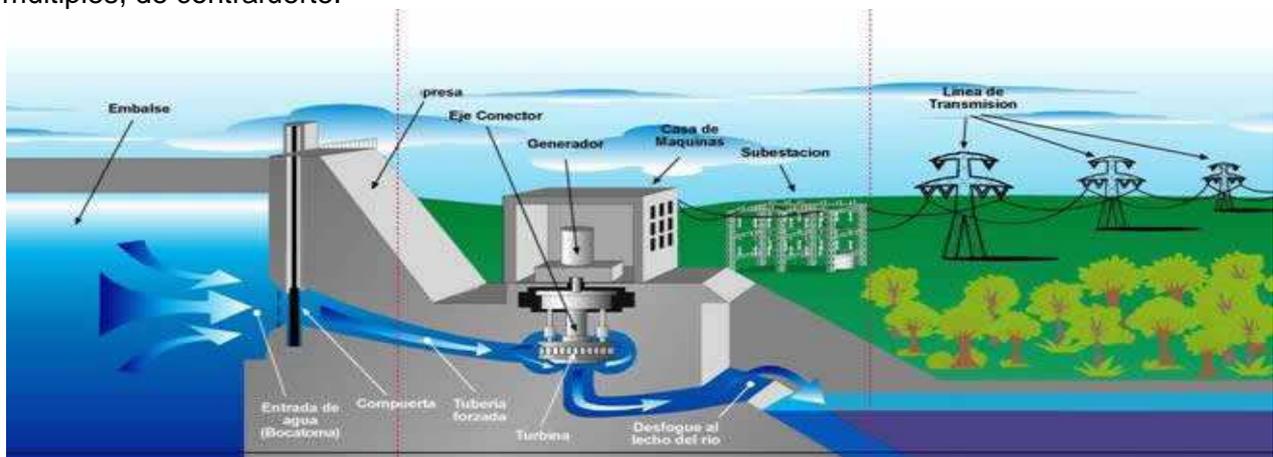
CENTRALES DE AGUA EMBALSADA:

Mediante una presa se produce el embalse del agua con el objeto de obtener la altura y el volumen de agua que garantice poder contar con el caudal necesario para turbinar en los momentos más adecuados. Frente a la anterior instalación tiene la ventaja de lograrse la regulación del río: esto hace que la instalación pueda ser aprovechada para usos múltiples, a saber:

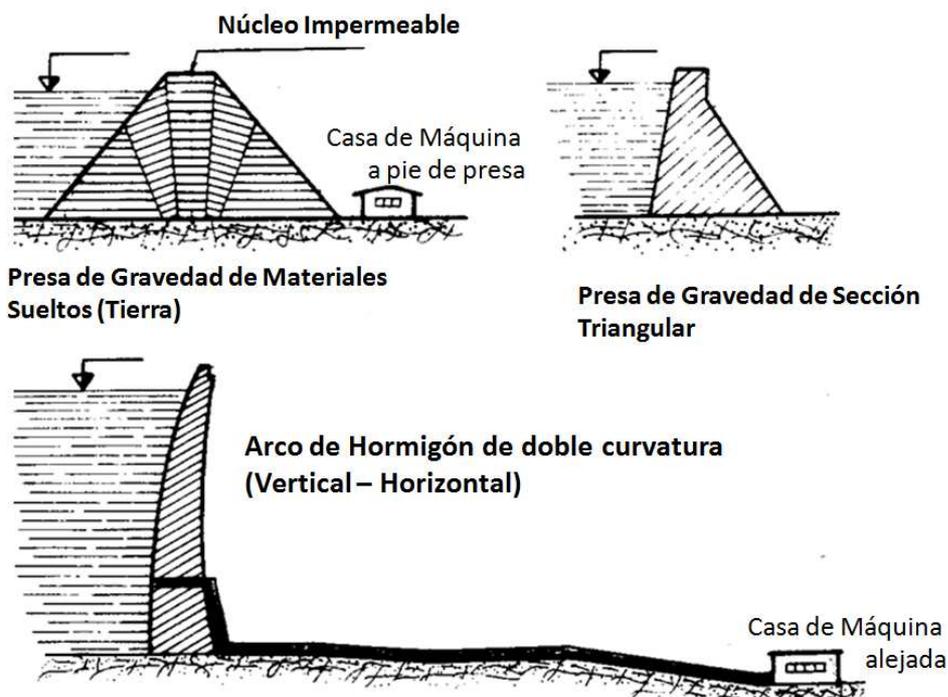
- 1- Generación de energía.
- 2- Atenuación de crecidas.
- 3- Asegurar el abastecimiento de agua potable, de uso industrial y la dotación de riego, aún en épocas de sequía.
- 4- Desarrollo turístico.

La central puede construirse a pie de presa o bien alejada, con el objeto de ganar salto y aumentar la potencia del aprovechamiento.

La presa puede ser de materiales sueltos (diques de tierra), o de materiales cohesionados (hormigón, mampostería, piedra): las de gravedad, de arco de doble curvatura, de arcos múltiples, de contrafuerte.-



Centrales de Agua Embalsada



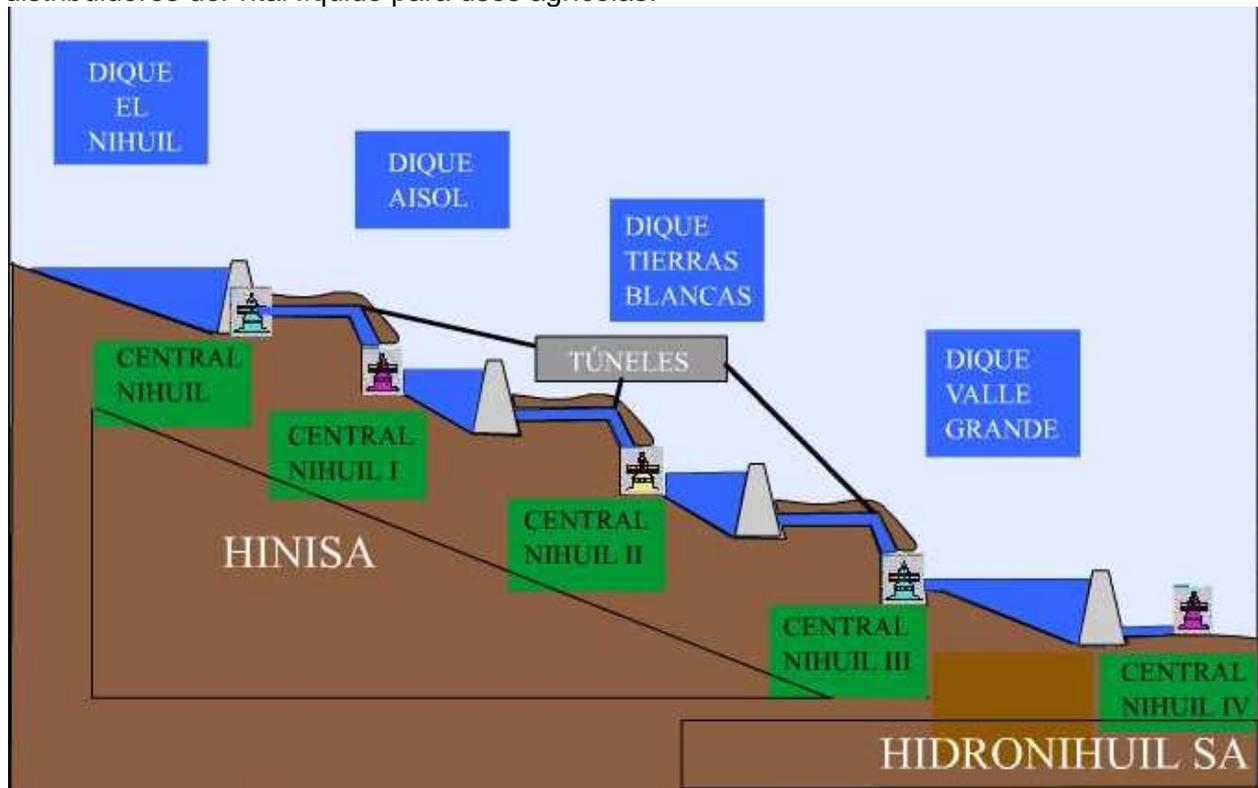
CENTRALES DE ACUMULACIÓN O DE BOMBEO:

En estos aprovechamientos se complementa la central descrita anteriormente con un contra embalse de dimensiones reducidas. Durante las horas del día en que se tiene gran demanda de energía (las puntas) se turbinan el agua embalsada: la máquina hidráulica trabaja como turbina y la sincrónica como alternador. En las horas nocturnas, en las que la demanda decrece, se bombea el agua acumulada en el contra embalse, al embalse principal: las máquinas se comportan respectivamente como bomba y motor sincrónico. Este último se sobrecarga y corrige el factor de potencia del sistema. Desde el contra embalse solo se deja escapar un caudal que satisfaga las necesidades de agua de riego y de abastecimiento de agua potable e industrial.

En instalaciones más antiguas se disponía de una turbina y de una bomba separadas. Actualmente como ya se ha dicho se hace uso de una sola máquina.-

Ejemplo práctico: Los Nihules

Los diques y los complejos hidroeléctricos construidos para la regulación del agua para riego y la generación de energía eléctrica, constituyen un ejemplo del ingenio humano para la utilización de los recursos naturales. A su vez los espejos de agua constituyen un interesante recurso turístico y deportivo. Aguas abajo de los complejos hidroeléctricos existen diques distribuidores del vital líquido para usos agrícolas.



El sistema de presas del río Atuel, está sustentado los siguientes objetivos: la contención de avenidas por deshielos regulando los caudales por embalses escalonados, la generación hidroeléctrica y la utilización de sus aguas en usos tan importantes como el riego, este ultimo genera parte importante del Oasis Septentrional Mendocino, luego naturalmente, al crearse estos espejos se fueron incorporando las actividades turísticas y recreativas que se conocen.

Las presas se alojan a lo largo del Cañón del Atuel. Las características topográficas que posee el tramo medio del río, que desciende 580 metros en alrededor 45 km, llevaron a desarrollar el complejo para aprovechar la energía hídrica de esa gran diferencia de cotas. La imagen nos da

ELECTROTECNIA Y MÁQUINAS ELÉCTRICAS -
PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

una idea de la magnitud de las instalaciones de los diques El Nihuil, Aisol, Tierras Blancas, el compensador Valle Grande y las respectivas centrales hidroeléctricas Nihuil, Nihuil I, Nihuil II, Nihuil III y Nihuil IV. Dique EL NIHUIL

Ubicado en las coordenadas 68°10'36" long.Oeste y 35°01'21" lat.Sur, a 75 km. de la Ciudad de San Rafael, distrito del El Nihuil, es la obra cabecera del Sistema de Aprovechamiento Hidroeléctrico del Río Atuel .

Reúne los derrames de una cuenca imbrífera de 3800 km² cuyo emisario tiene un modulo de 35,00 m³/s en la Estación de Aforo La Angostura, ubicada a 40 km. aguas arriba del cierre.

La presa es de hormigón, tipo gravedad, con planta curva, su longitud es de 325 m. y posee una altura máxima desde la fundación de 26 m. Importó su construcción 53.000 m³ de hormigón, y comenzó en el año 1941, concluyendo en 1947, siendo inaugurada oficialmente en 1948.

El dique se continúa con un vertedero lateral, sin órganos de regulación de crecidas hasta la margen derecha. Posee una longitud de 150 m y una capacidad de descarga de 600 m³/s. Los descargadores de fondo (eventual toma de riego), se encuentran ubicados a la izquierda, constituidos por cuatro conductos de 1,80 m de diámetro que atraviesan el cuerpo de la presa, en los que se han dispuesto válvulas de cierre y de regulación con dispersores.

Sobre margen izquierda, se encuentra la obra de toma que conduce los caudales hacia la central hidroeléctrica Nihuil I, a 7 km. de la presa mediante un túnel excavado en roca, revestido en hormigón de 4,00 m de diámetro, posee cuatro turbinas de eje vertical y su potencia unitaria, con 158 m de salto y 11.75 m³/seg., de 18,45 MW., encontrándose en funcionamiento desde 1957.



Dique AISOL (NIHUIL I)

Se encuentra inmediatamente después aguas abajo de la Histórica fotografía de la etapa de restitución de la central Nihuil I, y es una estructura de hormigón la construcción del túnel desde el tipo gravedad, de planta recta, de 85 m. de longitud, con Nihuil a la central hidroeléctrica vertedero incorporado a la misma y sin elementos de regulación Nihuil 1 de crecidas. Genera un pequeño embalse de 0,7 hm³ y tiene una altura máxima de 40 m desde su fundación. La cota coronamiento es 1.067,50 m.s.n.m., accediendo por la Ruta Provincial nº173, camino de tierra, que va paralelo al río Atuel y lo acompaña desde el Dique El Nihuil hasta la salida del río del cañón que este forma.

Para su construcción se emplearon 30.635 m³ de hormigón y finalizó en 1968. A los efectos de derivar caudales por la obra de toma ubicada en la margen derecha, hacia la central Nihuil II por un túnel excavado en roca, revestido en hormigón de 4,80 m de diámetro y 10 km. de longitud. La central posee características similares a la anterior, es de tipo exterior y posee seis turbinas con un caudal instalado de 78 m³/s. A la salida de su restitución se encuentra la cola del embalse generado por el dique Tierras Blancas.

ELECTROTECNIA Y MÁQUINAS ELÉCTRICAS -
PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Dique TIERRAS BLANCAS (NIHUIL II)

Este cierre es de hormigón, tipo gravedad, de eje recto, con una longitud de 122 m incluido el vertedero y posee una altura máxima de 38 m desde su fundación. La cota de coronamiento es de 891,00 m.s.n.m., sus coordenadas son 68°36'34" long.oeste y 34°54'16" latitud sur.



Una visita de los alumnos realizadores de este trabajo a la central Nihuil II

En su cuerpo se halla alojado el descargador de fondo, con dos compuertas a sector, accionadas hidráulicamente.

Su construcción finalizó en 1972 y se emplearon aproximadamente 32.800 m³ de hormigón. Le obra de toma, ubicada sobre la margen derecha conduciendo los caudales por túnel excavado en roca, revestido en hormigón

Central Nihuil III

de Valle Grande. Su caudal de instalación es de 78 metros cúbicos por segundo.

La instalación es de tipo exterior, tiene dos turbinas de eje vertical, con una potencia unitaria de 26 MW. , se encuentra en funcionamiento desde enero de 1971. A la salida de esta central comienza el gran embalse originado por el Compensador Valle Grande



Central hidroeléctrica Nihuil III

La central III explota un salto de 75 metros, ubicado entre la descarga de las turbinas de El Nihuil II, aguas arriba, y el dique Es un cierre de estructura aligerada, tipo Noetzli-Alcorta, de hormigón, tiene una longitud de 300 m y su cota de coronamiento es de 815,65 m.s.n.m., ubicado en las coordenadas 68°29'49" long. oeste y 34°48'54" latitud sur. Posee una altura máxima de 115 m desde su fundación. Posee una capacidad de descarga de 600 m³/s. Para su construcción se emplearon 700.000 m³ de hormigón y fue inaugurada en 1964.



Posee sistema de descarga para riego, compuesto por descargadores de fondo, tres válvulas Howell-Bunger. Con la construcción de la Central Hidroeléctrica Nihuil IV, se modificó la disposición de las válvulas.

La conducción se utiliza para alimentar una turbina de 25 MW de potencia, previendo para su generación utilizar los caudales de riego fijados por el Departamento General de Irrigación. En caso de no generar, el sistema de riego será atendido por las válvulas anteriormente citadas, ubicadas conforme al nuevo proyecto.

El embalse, tiene una capacidad de 164 hm³, con un volumen útil de 162,20 hm³. Presenta sedimentación de material fino.

Máquinas impulsoras:

Central Hidráulica:

Los alternadores de una Central Hidráulica son accionados por turbinas hidráulicas cuyo funcionamiento consiste en aprovechar la energía potencial del agua que en una tubería forzada se transforma en energía cinética y a su vez en energía mecánica por medio de una rueda giratoria, alcanzándose en la actualidad altos rendimientos (85 a 93%).-

Los tipos de turbina que se utilizan en la actualidad son los siguientes:



Kaplan



Francis



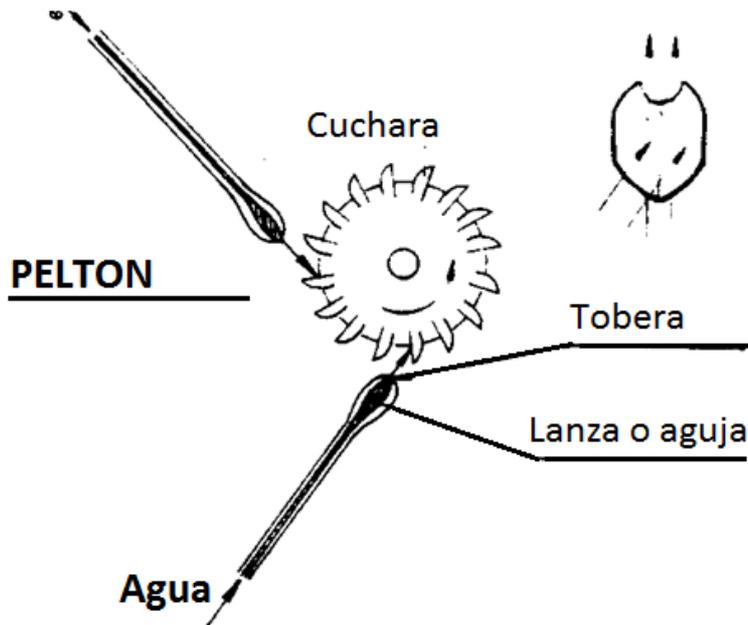
Pelton

- a) **Turbina o rueda Pelton:** Básicamente consiste en uno o más chorros de agua que provienen de una o más toberas, que inciden sobre los álabes de una rueda giratoria. La regulación se realiza a través de una aguja de forma adecuada que modifica la cantidad de agua que circula a través de la tobera.-

Este tipo de turbina es utilizado para grandes saltos de altura (100 a 2.000 metros) y

pequeños caudales: $\frac{H}{Q} \geq 80$ se utiliza en los típicos saltos montañosos.-



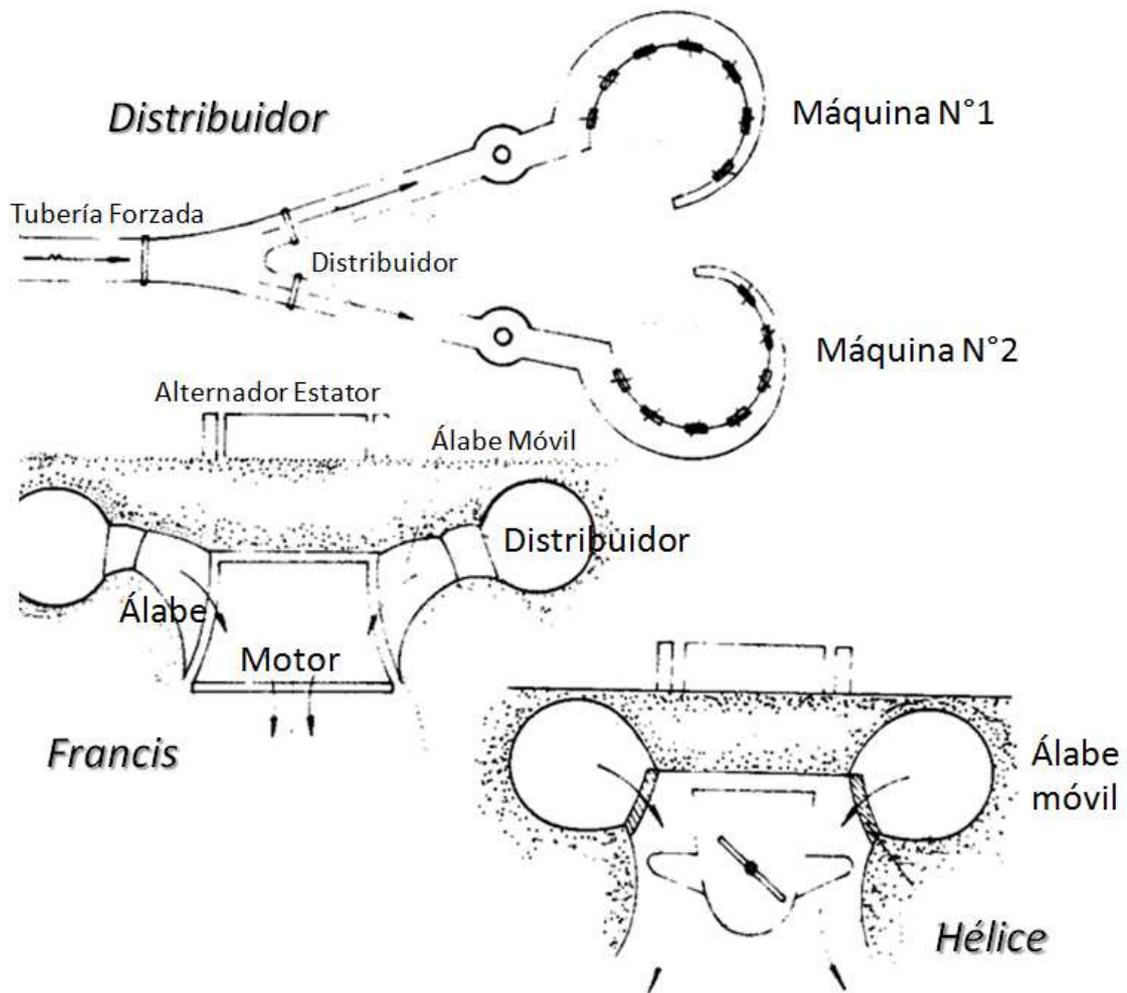


- b) **Turbina Francis:** Se trata de una rueda móvil conformada por una serie de paletas alabeadas sostenidas por dos anillos frontales. Se encuentra rodeada por una carcasa o envolvente que posee forma de espiral a través de la cual fluye el agua la que es dirigida y regulada a través de alabes móviles. Se utiliza para alturas medias

$$80 \geq \frac{H}{Q} \geq 1 \text{ y grandes caudales (60 hasta 350 metros).-}$$

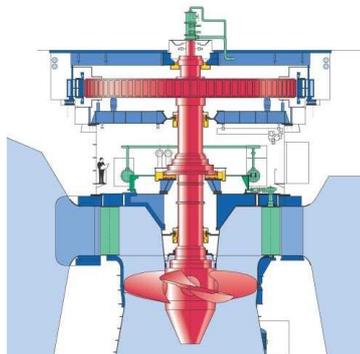
Estas turbinas en Mendoza en particular sufren fenómenos de erosión debido a la presión de vapor que se produce en las burbujas de agua. La presión exterior es más alta a la presión que se forma la burbuja y hacen que la burbuja imploten y generen una onda de presión o de choque en sentido contrario. Que si se ubica en la cercanía de los alabes les produce erosión o pérdida de masa. Por estar en rotación provoca un desbalanceo dinámico, vibraciones. Lo que hace necesario su reparación.





- c) **Turbina Kaplan:** La envolvente es semejante a la de la Francis pero la rueda motriz es una hélice de paso variable y de un número reducido de paleta. Se lo utiliza en pequeñas caídas $3 \geq H/Q \geq 0,02$ (de 20,80 mts.) y para grandes caudales.-

La regulación se logra modificando la posición de las paletas o hélices:



8.A.3 CENTRALES TÉRMICAS

Funcionamiento de una central térmica

En las centrales térmicas convencionales, la energía química ligada por el combustible fósil (carbón, gas o fuel -oil) se transforma en energía eléctrica. Se trata de un proceso de refinado de energía. El esquema básico de funcionamiento de todas las centrales térmicas convencionales es prácticamente el mismo, independientemente de que utilicen carbón, fuel -oil o gas.

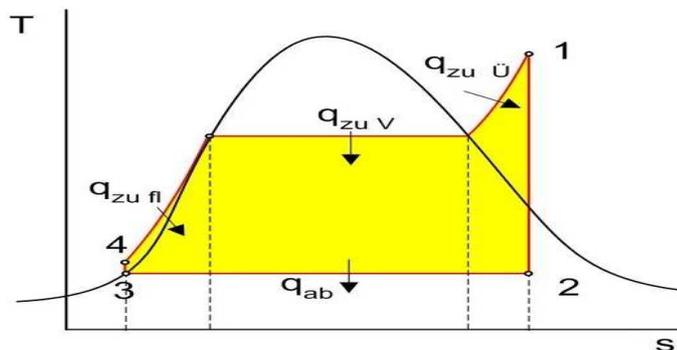
Las únicas diferencias sustanciales consisten en el distinto tratamiento previo que sufre el combustible antes de ser inyectado en la caldera y el diseño de los quemadores de la misma, que varía según el tipo de combustible empleado.

El vapor de agua se bombea a alta presión a través de la caldera, a fin de obtener el mayor rendimiento posible. Gracias a esta presión en los tubos de la caldera, el vapor de agua puede llegar a alcanzar temperaturas de hasta 600 °C (vapor recalentado).

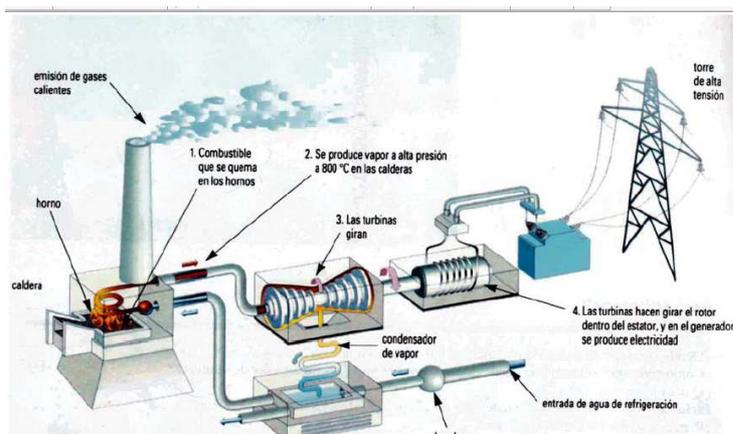
Este vapor entra a gran presión en la turbina a través de un sistema de tuberías. La turbina consta de tres cuerpos; de alta, media y baja presión respectivamente. El objetivo de esta triple disposición es aprovechar al máximo la fuerza del vapor, ya que este va perdiendo presión progresivamente. Así pues, el vapor de agua a presión hace girar la turbina, generando energía mecánica. Hemos conseguido transformar la energía térmica en energía mecánica de rotación.

El vapor, con el calor residual no aprovechable, pasa de la turbina al condensador. Aquí, a muy baja presión (vacío) y temperatura (40°C), el vapor se convierte de nuevo en agua, la cual es conducida otra vez a la caldera a fin de reiniciar el ciclo productivo. El calor latente de condensación del vapor de agua es absorbido por el agua de refrigeración, que lo entrega al aire del exterior en las torres de enfriamiento.

La energía mecánica de rotación que lleva el eje de la turbina es transformada a su vez en energía eléctrica por medio de un generador asíncrono acoplado a la turbina.



8.A.3.1 Centrales convencionales de vapor: En estas centrales se aprovecha la energía potencial o química de los combustibles para obtener energía mecánica en las turbinas de vapor. Los combustibles normalmente utilizados son: carbón en trozos o en polvo, diesel oil, fuel oil y gas natural.-



Pueden construirse con o sin condensador, aunque esta última disposición se tiende a eliminar por razones de rendimiento de la instalación.

ELECTROTECNIA Y MÁQUINAS ELÉCTRICAS -
PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

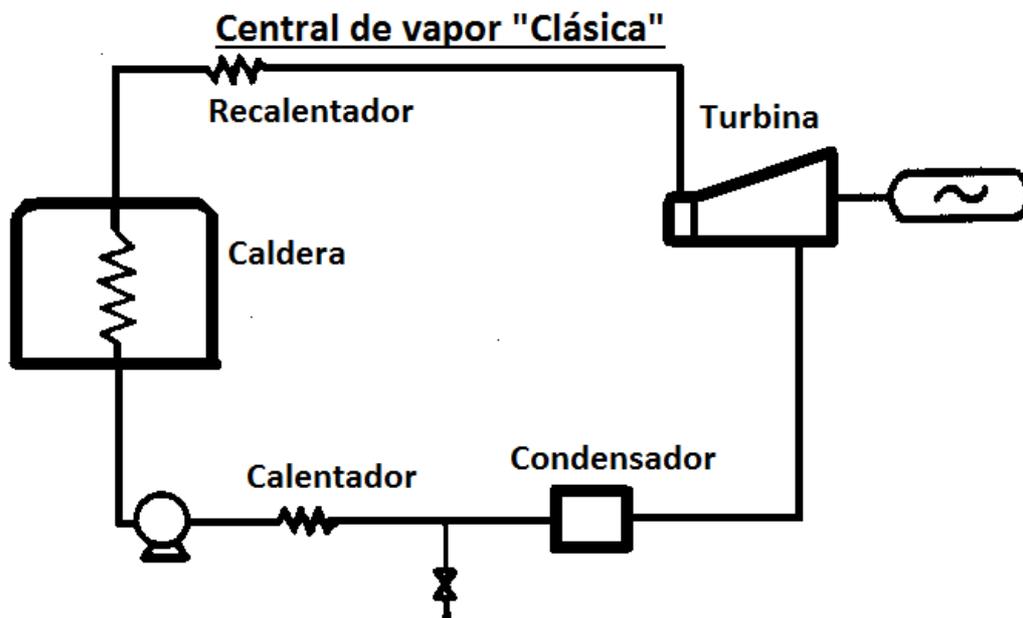
Si no poseen condensador el vapor escapa a presión atmosférica. Con el condensador el vapor es recuperado a una presión inferior a la atmosférica y transformado en agua.-

En estas instalaciones adquiere gran importancia el tratamiento del agua de alimentación, para eliminar sus durezas, y evitar así incrustaciones y corrosiones en toda la línea de vapor, que se traducen en mantenimiento y reposiciones que encarecen la generación de energía.-

Disponiendo de abastecimiento de agua y combustible, estas centrales no tienen limitación de potencia instalada, lo que resulta una característica muy ventajosa de las mismas.-

En general tienen una gran inercia térmica, por lo que no pueden absorber los incrementos bruscos de demanda. Trabajan como base de los sistemas de energía, a diferencia de las hidráulicas de embalse que atienden las puntas por su rápida puesta en marcha.-

Debe disminuirse al mínimo las puestas en marcha y paradas porque ello atenta contra su vida útil.-

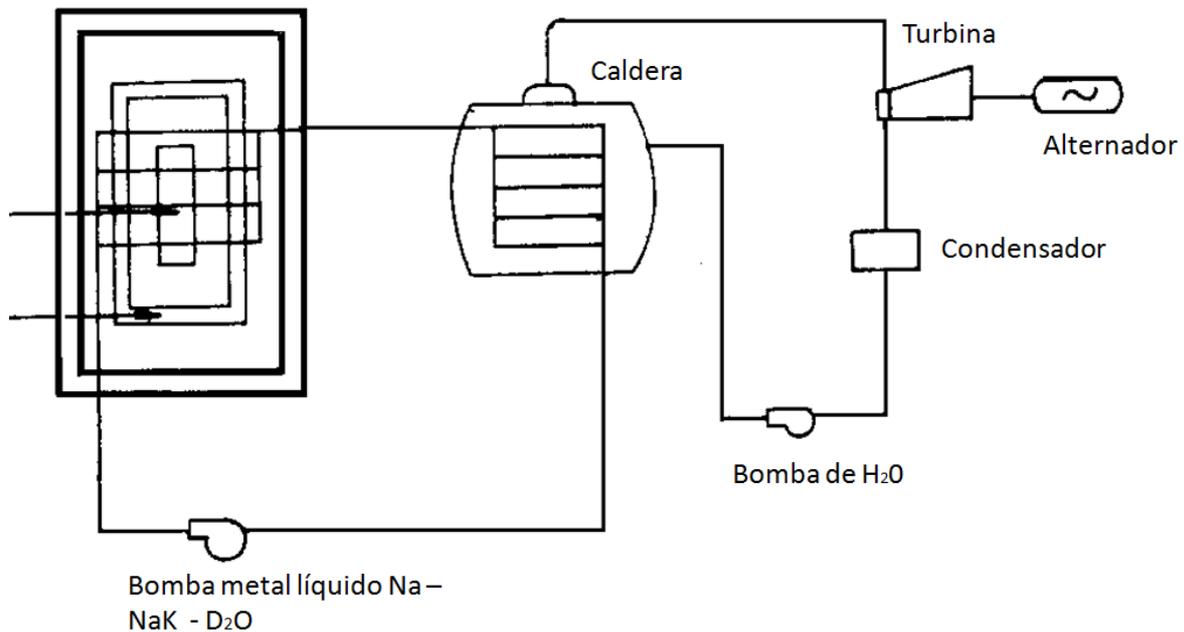


8.A.3.2 Centrales nucleares de vapor: Básicamente son iguales a las anteriores.

La diferencia se encuentra en el combustible utilizado, que es radioactivo, como el uranio 235, o uranio enriquecido, el que es "quemado" en un reactor nuclear en lugar de una caldera. Se las explota a pleno por razones técnico económicas: para obtener energía de menor costo y por tener menos capacidad de regulación.-

Poseen el problema de la peligrosidad de las emanaciones radioactivas y no se tiene absoluta certeza de su vida útil.-

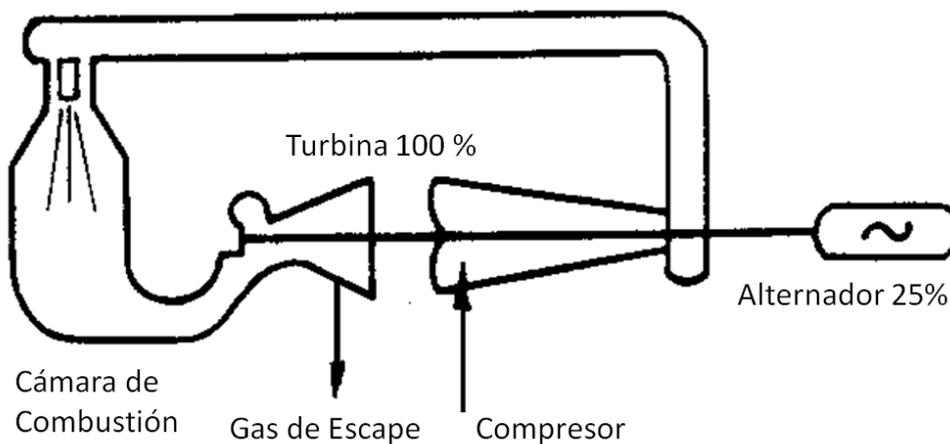
Central de Vapor nuclear de doble ciclo



8.A.3.3 Centrales Turbo gas: El medio de trabajo es el gas que se genera al quemar un combustible en aire comprimido. El combustible normalmente utilizado es el fuel oil o gas natural. Generalmente son de mediana potencia, de construcción compacta y de arranque muy rápido, lo que les permite atender las puntas adecuadamente.-

Tienen el gravísimo inconveniente del alto consumo específico de combustible, por lo que la energía generada es sumamente cara. Hasta tanto no se desarrollen materiales con una nueva tecnología que permita trabajar a los alabes de la turbina a mayores temperaturas, el rendimiento de la turbina de gas será bajo y la generación seguirá siendo cara.-

Turbina de Gas

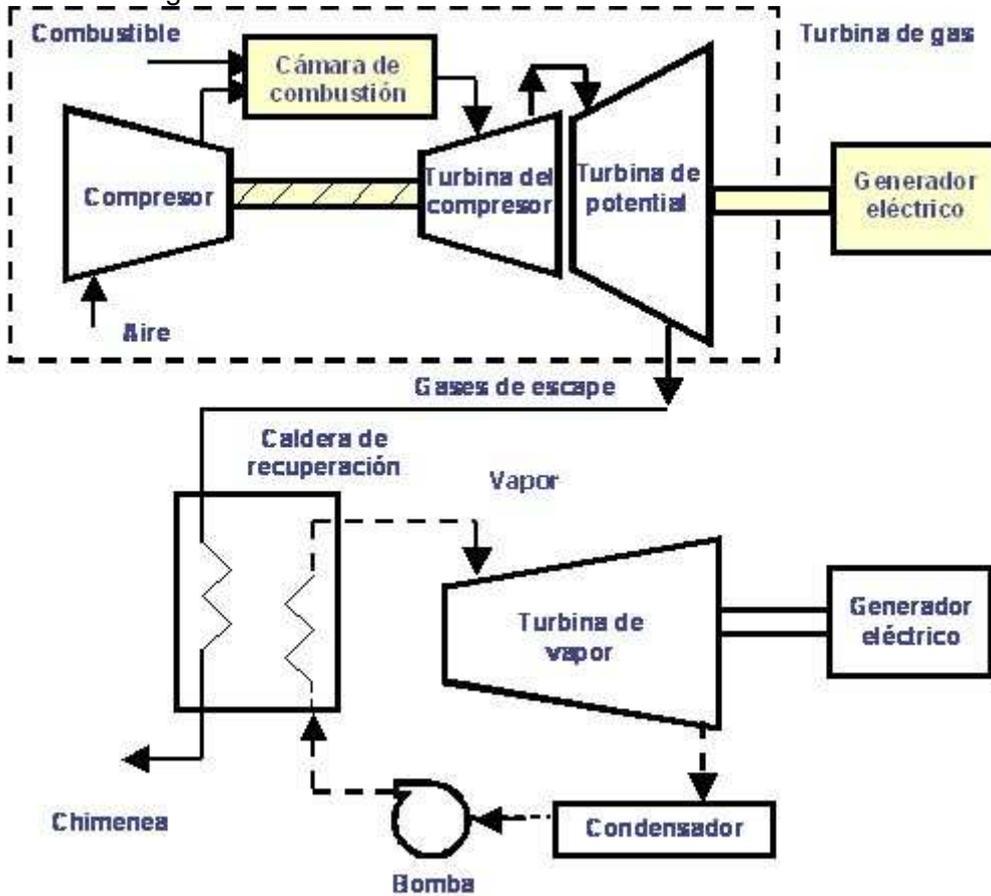


8.A.3.4 Centrales de motores Diesel: Los generadores accionados por motores alternativos tipo diesel, se usa en instalaciones de potencia reducida como es el caso de centrales rurales aisladas, o en el caso de industrias que poseen su propia generación. Son muy utilizados como grupos generadores de emergencia en centrales eléctricas o en industrias.-

ELECTROTECNIA Y MÁQUINAS ELÉCTRICAS -
PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

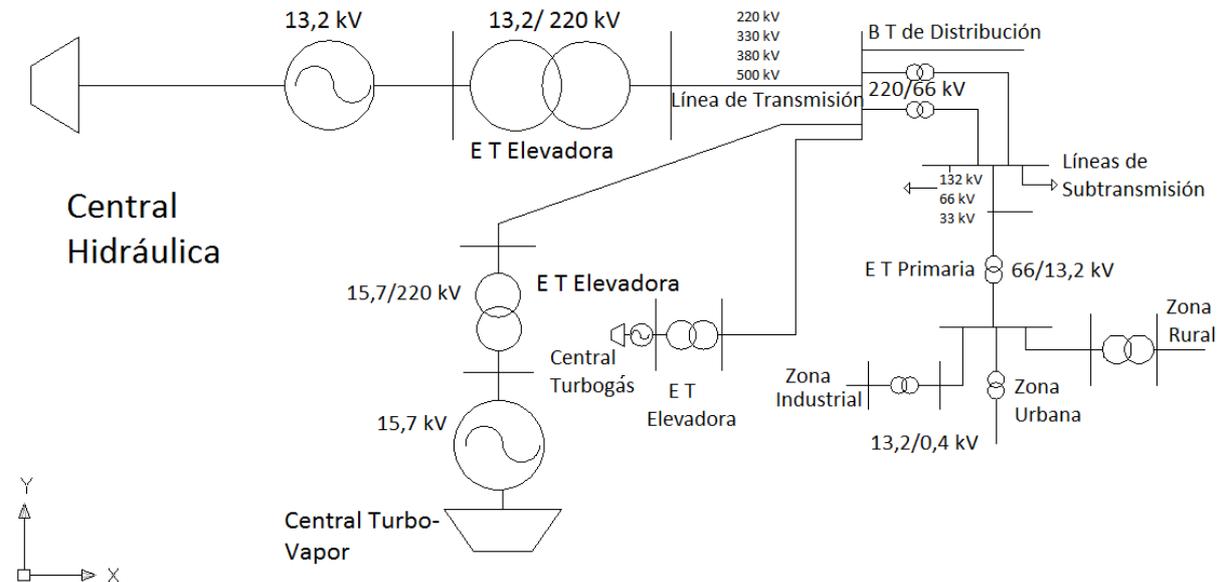
La energía producida es cara, dado el consumo de combustible, incidencia de mano de obra, gran mantenimiento. En funcionamiento normal originan grandes vibraciones que se trasladan a la estructura, lo que obliga a ejecutar fundaciones especiales y costosas. Además son muy ruidosos. Pueden tomar carga en tiempos breves.-

La tendencia actual es la de prescindir de estas máquinas como generadoras de grandes masas de energía.-



Tema B: SISTEMA ELÉCTRICO DE POTENCIA

8.B.1 Esquemas y componentes.



Las etapas técnicas a que hacíamos referencia anteriormente quedan reflejadas en el sistema eléctrico que se muestra en la figura. La energía eléctrica es producida en las centrales térmicas o hidráulicas del sistema a una tensión que actualmente no supera los 20 kV en general, por razones de aislamiento. Para que la transmisión de energía a los centros de consumo sea económica, esta debe realizarse en alta tensión, por lo que es necesario elevar la tensión generada en una estación transformadora que se instala en las proximidades de la central eléctrica.-

Transmitida la energía, se distribuye a tensiones adecuadas, lo que se realiza en las estaciones reductoras de distribución, las que alimentan otras estaciones primarias de distribución, alimentándose así a los centros de consumo. Las líneas que conectan los dos tipos de estaciones últimamente nombradas las denominamos de subtransmisión.-

De las estaciones primarias se tienden los alimentadores y distribuidores primarios para atender los distintos puntos de suministro, en los que se transforma la energía de media tensión a baja tensión para poder ser usada directamente por los usuarios. Las líneas de baja se la designa genéricamente distribución secundaria.-

Como ejemplo de lo estudiado, en el caso de la provincia de Mendoza tenemos:

- 1) Centrales Hidroeléctricas: Cacheuta, Alvarez Condarco, Río Mendoza, Los Nihules (Río Atuel), Agua del Toro, Los Reyunos (Río Diamante), Potrerillos, etc.-
- 2) Estación de distribución Cruz de Piedra.-
- 3) Estaciones Primarias de Transformación: San Martín, Guaymallén, Las Heras, Capdeville, Pedro Vargas, Parque Industrial Petroquímico, etc.-
- 4) Central Térmica Mendoza en Luján de Cuyo.-

Es importante resaltar que los sistemas eléctricos se interrelacionan entre sí para formar sistemas regionales, como el de Cuyo (San Juan y Mendoza), y estos a su vez para formar los sistemas de energía nacionales. Con esto último el parque de generación disponible se atiende técnica y económicamente la demanda de energía, lográndose así satisfacer la demanda, que asume características regionales que permite minimizar la inversión de capital en centrales eléctricas de generación de energía. Como ejemplo de demandas regionales que no coinciden

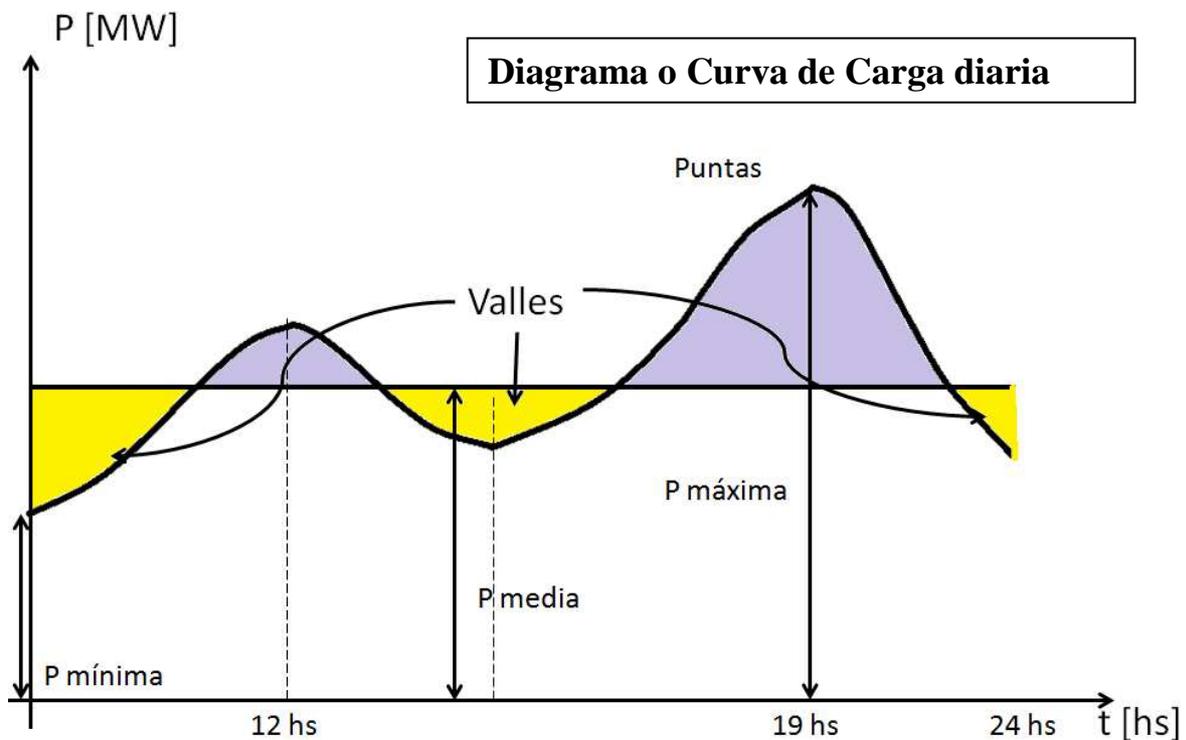
ELECTROTECNIA Y MÁQUINAS ELÉCTRICAS -
PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

en el tiempo tenemos las que corresponden a Mendoza en la época de vendimia y la zafra en Tucumán.-

En nuestro país los sistemas de energía regionales se vinculan eléctricamente por grandes líneas de transmisión de 500 kV.-

8.B.3 POTENCIA Y DEMANDA DE UNA CENTRAL O DE UN SISTEMA

La carga o consumo de un sistema que atiende una o más centrales es esencialmente variable y se encuentra condicionado al tipo de usuario que se encuentra conectado a la red. Sin embargo podemos decir que existe una forma típica de consumo de cualquier sistema, lo que se manifiesta en el denominado **diagrama o curva de carga diaria**. Dicha gráfica representa como varía la potencia o demanda del sistema en el tiempo. Vamos a definir a la **demanda** como la **potencia promedio (potencia media)** en un lapso de tiempo determinado, por ejemplo: en *15 minutos*.-



$$P_{\text{med}} = \frac{\text{Energía}}{\text{Tiempo}}$$

$$F_{\text{carga}} = \frac{P_{\text{media}}}{P_{\text{máxima}}}$$

$$F_{\text{utilización}} = \frac{P_{\text{media}}}{P_{\text{instalada}}}$$

$$F_{\text{reserva}} = \frac{P_{\text{instalada}}}{P_{\text{máxima}}}$$

$$P_{\text{conexión}} > P_{\text{instalada}} > P_{\text{máxima}} > P_{\text{media}}$$

ELECTROTECNIA Y MÁQUINAS ELÉCTRICAS - **PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA**

En todo diagrama de carga diaria puede observarse dos picos: uno que suele producirse alrededor de las 10 a 12 horas y otro que se produce entre las 18 y las 20 horas; además se observa momentos en que la demanda decrece sensiblemente que son los denominados valles del sistema.-

De la gráfica se deduce que se deberá tener **potencia instalada** en máquinas que puedan atender las potencias de pico o potencias máximas del sistema concluyéndose además que durante gran parte del tiempo tendremos potencia en exceso instalada y que se encontrará ociosa.-

El área encerrada por la curva y el eje de abscisas representará la energía consumida por el sistema de modo tal que dividiendo dicha superficie por el tiempo considerado, es decir 24, horas nos definirá una potencia promedio del sistema.

Se deduce que si carga hubiese sido constante, se hubiese producido la misma energía con una potencia instalada mucho menor, de lo que se concluye la baja utilización del capital invertido.

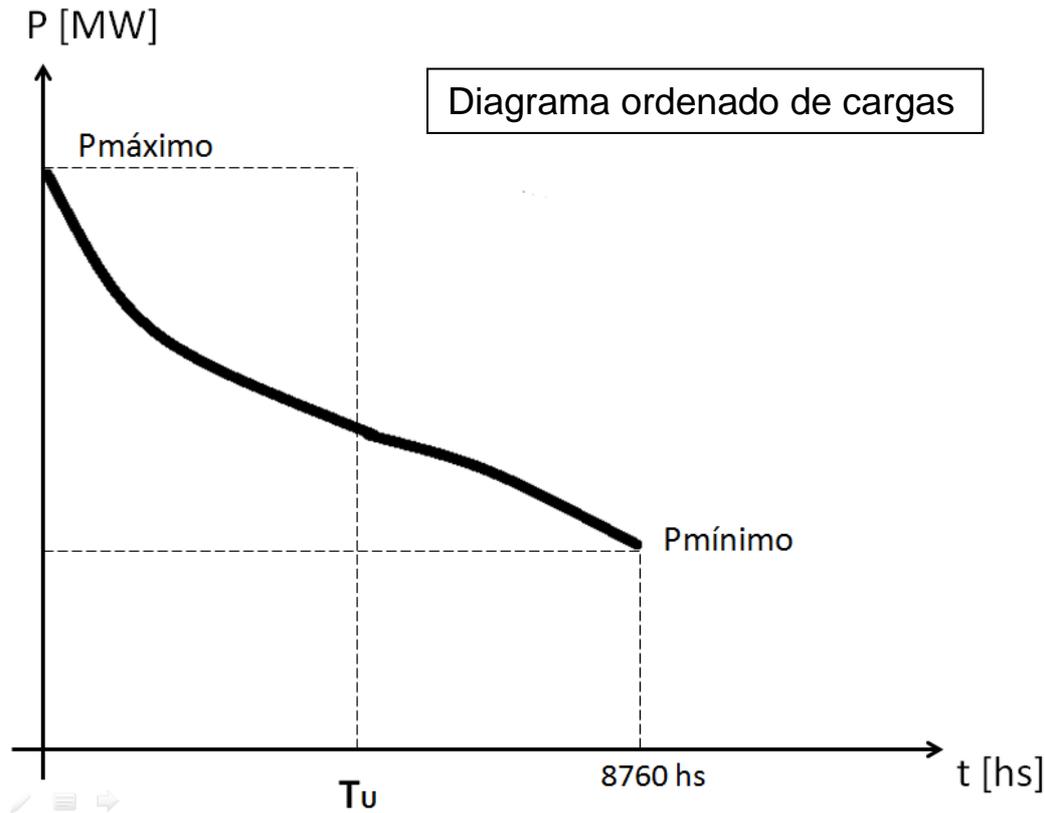
Vamos a denominar **factor de carga** a la potencia media del sistema dividido en la potencia máxima de demanda y como **factor de utilización** a la potencia media sobre la potencia instalada. Evidentemente con miras a poder atender la demanda, la *potencia instalada* en máquinas deberá ser superior a la *potencia máxima* y como consecuencia de ello el factor de utilización siempre resultará ser menor que el *factor de carga*.

De lo expresado precedentemente, se deduce que toda Central o Sistema debe contar con una cierta potencia de reserva dado que el sistema va incrementando su demanda con el tiempo. Además periódicamente deberá hacerse el mantenimiento y/o reparación de las máquinas, y de allí que la reserva deberá ser de un valor considerable con respecto a la potencia máxima. Si bien no existe un valor rígido podemos decir que la **potencia de reserva** deberá ser del 20 a 30 %, por lo que el **factor de reserva** que se define como el cociente de la potencia instalada sobre la potencia máxima asumirá en forma general valores que oscilan entre 1,2 a 1,3.-

Debemos distinguir entre la **reserva fría** (máquinas realmente disponibles en condiciones de operar pero detenidas) y la **reserva caliente o rotante** (potencia que pueden ceder las máquinas en operación dado que normalmente no se las explota a full o a pleno).

A la suma de las potencias nominales de los aparatos de consumo la denominamos **potencia de conexión** y en cualquier sistema resulta ser superior a la potencia instalada, pues por lo general los aparatos o dispositivos no se operan en forma simultánea, de allí que se defina otro factor en los sistemas conocido como factor de consumo o de simultaneidad y que será la relación entre la potencia máxima demandada por el sistema sobre la potencia de conexión.

Dado los 365 diagramas de carga diaria se puede construir el **diagrama ordenado de cargas** que representa la duración absoluta de cada potencia de carga sin tener en cuenta el mes, día u hora que se produzca. Se deduce en consecuencia que la potencia mínima se mantendrá las 8.760 horas de año y la máxima solo unas pocas horas.



$$Energía Anual = P \times dt = P_{máx} \times T_U$$

$$T_U = \frac{En. anual}{P_{máx}} = \frac{sup[cm^2] \times escala \left[\frac{kW \times h}{cm^2} \right]}{P_{máx}[kW]}$$

El área encerrada por esta curva nos da la energía anual generada por la Central o el sistema según sea el caso. Se define el tiempo de utilización como aquel tiempo ficticio que funcionando la Central o Sistema a potencia máxima produciría la misma energía que a potencia variable. De lo expresado se deduce que el tiempo de utilización será el cociente de la energía anual generada sobre la potencia máxima.

8.B.4 TIEMPO DE UTILIZACIÓN Y COSTO DE LA ENERGÍA ELÉCTRICA.

8.B.4.1 Tiempo de Utilización

En el diagrama de carga el **tiempo de utilización** es la abscisa, que con la ordenada igual a potencia máxima, forma un rectángulo de igual área que la cubierta por la curva.

El tiempo de utilización puede ser de 1.200 a 2.000 horas para centrales aisladas, 2.000 a 3.500 horas para centrales que alimentan grandes ciudades o centros industriales y de 3.500 a 5.000 horas para centrales que suministran energía a industrias electroquímicas.

Un tiempo de utilización muy elevado de una central aislada involucraría que no posee capacidad de reserva, es decir, que no podrá atender los incrementos de la demanda. Por el contrario un tiempo de utilización pequeño involucraría una Central muy desaprovechada. Normalmente al proyectarse una Central se calculará de modo tal que al comienzo de su vida

ELECTROTECNIA Y MÁQUINAS ELÉCTRICAS -
PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

útil tenga un tiempo de utilización pequeño que pasará a ser elevado al final de dicha vida, pudiendo contemplar en consecuencia los incrementos de la demanda.

8.B.4.2 Costo de la Energía Eléctrica

El precio de la energía comercializada por una Central está determinado por los costos de producción de la misma que se pueden dividir en dos:

- a) Costos fijos y
- b) Costos variables;

Los costos fijos: son los derivados de la amortización del capital, intereses y gastos administrativos (seguros, impuestos, etc.). Estos costos son independientes de la producción de la usina.

Los costos variables: son los que se producen como consecuencia directa de la generación de energía, es decir, dependerán de la carga y se deben especialmente a los combustibles (además citemos lubricantes y una mayor o menor mano de obra para la explotación y mantenimiento).

Los gastos fijos los calculamos como sigue:

$$G_f = P_m \times C_i \times p$$

P_m : potencia máxima o instalada en kW.
 C_i : costo del Kw. Instalado en \$/kW.
 p : factor que contempla amortización e intereses.

Los gastos variables se pueden expresar de este modo:

$$G_v = P_m \times T_U \times C_c$$

T_u : Tiempo de utilización en horas.
 C_c : Costo del kW-h generado (combustible, lubricantes, etc.) en \$/kW-h.

Los gastos anuales en consecuencia serán:

$$G = G_f + G_v = P_m \times C_i \times p + P_m \times T_U \times C_c$$

El costo anual por unidad de potencia será:

$$\frac{G}{P_m} = C_i \times p + T_U$$

Y el costo de la unidad de energía (kW-h) será de:

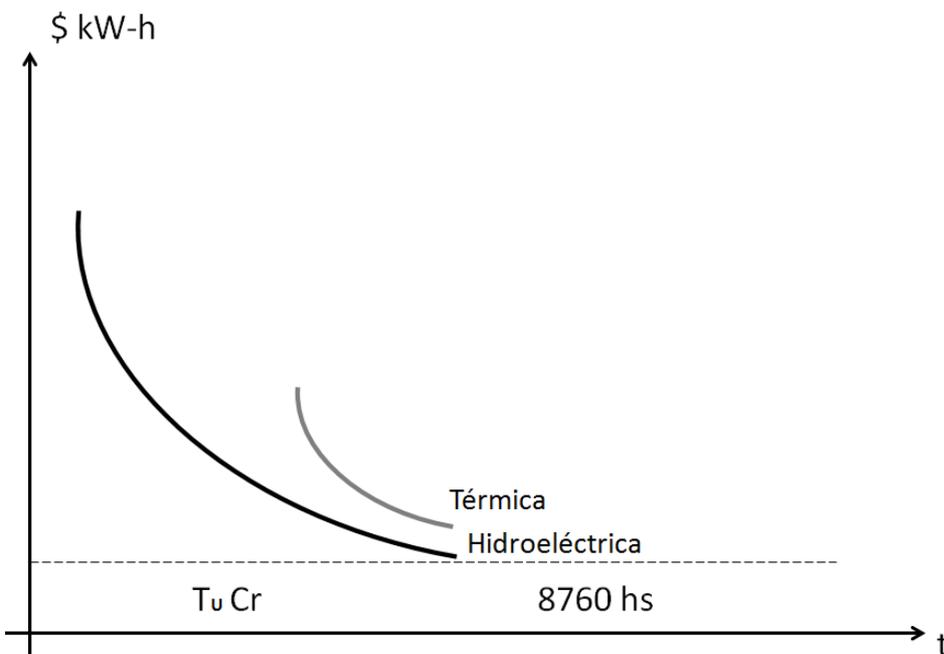
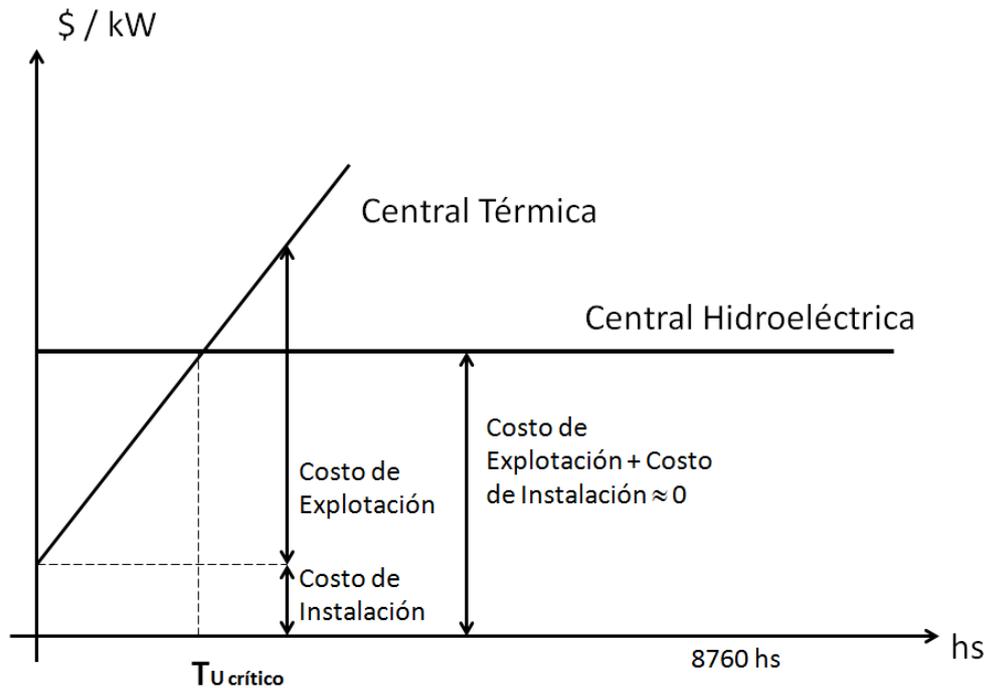
$$g = \frac{G}{P_m \times T_U} = \frac{C_i \times p}{T_U} + C_c \quad \left[\frac{\$}{kW-h} \right]$$

Se observa que cuanto mayor es el tiempo de utilización de una central, tanto menor es el costo del kW-h. Para cada tipo de Central Térmica o hidráulica se tendrá distintas curvas de gastos anuales. De acuerdo al T_u de un sistema será conveniente la radicación de una u otro tipo de central de energía.

En función del valor del T_u de un sistema se hará funcionar las centrales como punta o como base, buscándose siempre la mayor economía en la explotación.

8.B.5 CENTRALES DE PUNTA Y DE BASE

Centrales de base serán aquellas que producirán las grandes masas de energía del sistema, es decir, atenderán la demanda sostenida del sistema. Normalmente se utilizan como Centrales de base las grandes centrales térmicas, las que se operan a pleno obteniéndose el máximo rendimiento de las instalaciones. (Se busca disminuir el costo del kW-h. en el que tiene gran incidencia el consumo de combustible); de este modo además se evita las paradas y puesta en marcha que inciden notablemente sobre la vida útil de cualquier central térmica, teniéndose presente además la inercia que poseen en general las instalaciones generadoras de vapor.



Se utilizan también como centrales de base las grandes centrales hidroeléctricas de agua corriente, las que se complementan con las anteriores obteniéndose un precio promedio aceptable del kW-h generado. Los incrementos o picos de la demanda son atendidos en forma

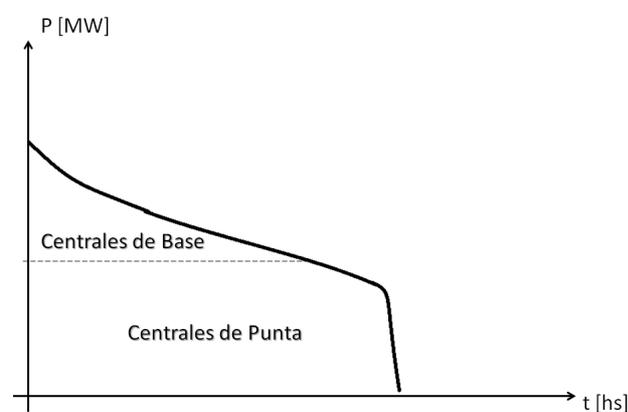
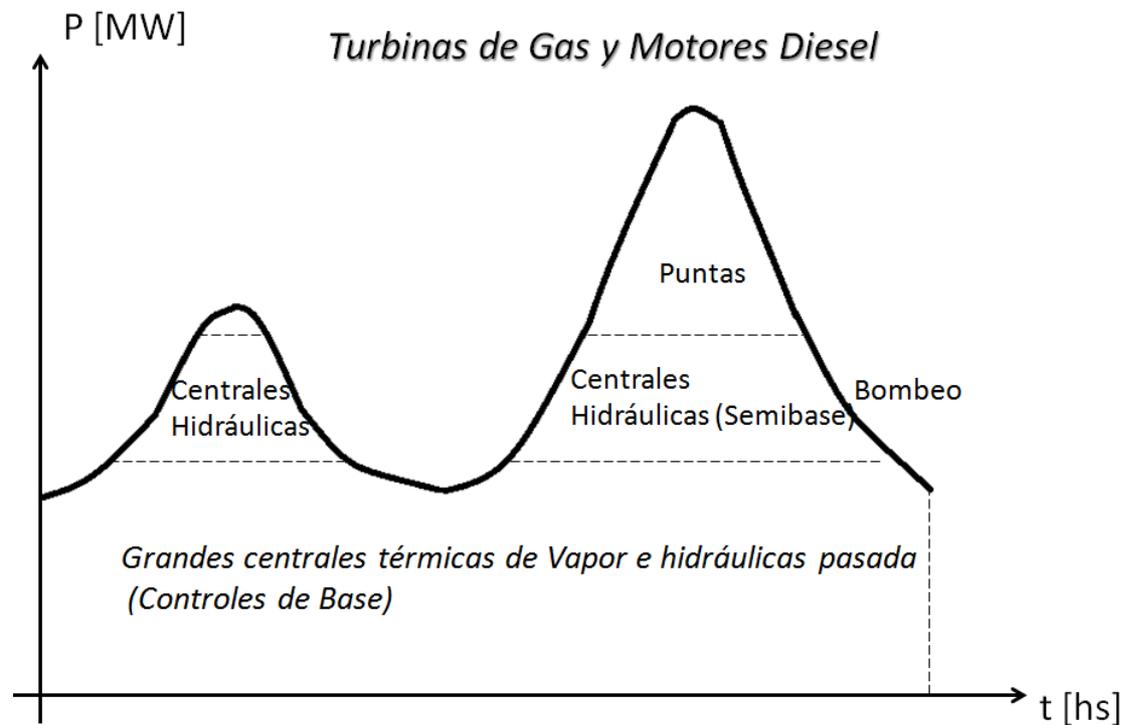
ELECTROTECNIA Y MÁQUINAS ELÉCTRICAS -

PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

progresiva por las denominadas centrales de punta, las que se van colocando en forma paulatina: 1° se operan las centrales hidráulicas las que en pocos minutos están en condiciones de afrontar cargas y por último se utilizan las turbinas de gas y motores diesel, instalaciones éstas que funcionan muy pocas horas por su elevado costo de explotación y mantenimiento. Las puntas son asimismo atendidas por las centrales de bombeo, cuya energía es de alto costo de producción, pero también de alto valor de venta.

COMERCIALIZACIÓN:

Una vez cumplidas las etapas de producción, transmisión y distribución, las Empresas prestatarias del servicio público de electricidad, ponen a disposición de los usuarios la energía eléctrica, desarrollándose la etapa de comercialización de la misma. Esta comercialización debe estar implementada adecuadamente para que pueda subsistir el sistema, es decir, que la comercialización generará los fondos que permita atender los costos derivados de la explotación (mano de obra, combustible, repuestos, etc.), la extensión propia o vegetativa de la red y producir una utilidad razonable. Esto último se logra a través de adecuadas mediciones de los consumos de energía y con un cuadro tarifario.



MEDICIÓN:

Dadas las diversas formas de utilización de la energía ha obligado a las Empresas a realizar una serie de mediciones, de la que se pasa a dar una breve descripción.

1.- Energía activa $W = (U.I.\text{sen}\phi). t$ (medida en kWh.). Esta es la energía que se transforma en calor y trabajo mecánico y de allí que también se la conozca con el nombre de energía útil.

Es la que se desarrolla en las lámparas de incandescencia, estufas, hornos eléctricos a resistencia, trabajo útil de los distintos motores eléctricos, etc.).

Se suele medir esta energía utilizando medidores de energía a inducción, los que podrán ser monofásicos o trifásicos. Esta medición se efectúa sobre todos los usuarios de energía. Esta energía es la de mayor conveniencia para la empresa prestataria del servicio, dado que es la de plena utilización de las instalaciones.

2.- Energía reactiva: $W_r = t U.I.\text{sen}\phi$ (medida en KVARh). Esta energía es la que permite la creación de los campos eléctricos y magnéticos, si bien no es directamente aprovechable, en el sentido que no se traduce en trabajo útil, su presencia es imprescindible, ya que sin ella no funcionarían los motores eléctricos, condensadores, etc.

Se puede efectuar la medición de la energía reactiva, con instrumentos de inducción a los que se le ha adicionado un circuito desfasador de 90° que transforma el medidor de energía activa en otro de energía reactiva. Pueden ser, monofásicos o trifásicos. Se destaca que esta energía no es conveniente a la Empresa productora de la misma, dado que ella implica potencia reactiva en el sistema y en consecuencia en la medida que crece esta potencia, reactiva, crecerá la potencia aparente, lo que involucra gran inversión de capacidad en potencia aparente (KVA de los alternadores instalados) para una pequeña utilización de la misma.

Cuando la energía reactiva asume valores considerables, se coloca medidores, a efectos de cobrarla y es el caso de los establecimientos industriales, en los cuales los consumos son considerables.

La energía reactiva generalmente tiene un valor, mayor que la activa, y esto se realiza de esta manera, a efectos de que el usuario tienda a disminuirla. De lo precedentemente expuesto, surge la conveniencia para los usuarios de corregir el factor de potencia ($\cos \phi$), lo que normalmente se realiza con capacitores y más rara vez con motores sincrónicos.

3.- Medición de demanda máxima:

Cada central posee una potencia instalada definida y por consiguiente podrá atender una demanda limitada como así también una cierta energía. Es decir que las usinas poseen una cierta "capacidad de suministro", capacidad que se distribuye entre todos sus usuarios. Esto trae como consecuencia directa, que a su vez a los usuarios se les fije una cierta capacidad de suministro a efectos de que no se supere la potencia instalada en el sistema.

Como elemento de control, refiriéndonos a usuarios de cierta envergadura, se les instalan medidores o indicadores de demanda máxima, a efectos de que el usuario no tome más potencia que la convenida contractualmente. Si el usuario supera la potencia contratada, se le aplica una penalidad por este concepto.

Vamos a definir como capacidad de suministro, la potencia en kW promedio de 15 minutos que la Empresa pondrá a disposición del consumidor en cada punto de entrega. Definimos también el factor de utilización y tiempo de utilización del suministro, los que se calculan en forma mensual:

ELECTROTECNIA Y MÁQUINAS ELÉCTRICAS -
PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

$$F.U. = \frac{kWh(mensuales consumidos)}{730hs./mes \times cap.sum. autoriz. [kW]} \cdot 100 \quad ; \quad T.U. = 730 h \times F.U.$$

Cabe recordar que mientras mayor sea el factor de utilización, tanto menor es el costo del kWh., de allí, que los usuarios deberían tender a explotar sus instalaciones de modo tal de obtener el mayor valor del factor de utilización.

Con relación a la medición de la demanda máxima, esta se efectúa con un vatímetro cuya aguja se detiene en el valor máximo medido, sin retornar al valor 0, como es habitual en este tipo de instrumentos, el retorno al 0 se realiza manualmente una vez efectuada la medición.

Medición en doble tarifa:

Con el objeto de incrementar el tiempo de utilización, las Empresas de distribución de energía tienden a “aplanar” la curva de carga diaria, es decir, tienden a disminuir los picos y a cubrir los valles de la citada curva; esto es lo mismo que decir que tienden a obtener una potencia media lo mayor posible.

Una forma de cubrir los valles, es hacer que los consumos de las horas pico se trasladen hacia los valles, lo que se consigue implementando un adecuado régimen tarifario; se fijan tarifas preferenciales, es decir, de menor costo, para los consumos en horas de valle, y se colocan en las instalaciones, medidores de doble tarifa. Son contadores que llevan incluido un reloj, el que en ciertas horas del día, cambia una relación de engranajes, pasando la indicación de una tarifa “alta” a la denominada tarifa “baja”.

En Mendoza este es el caso típico de los consumos para riego agrícola.

Tarifas eléctricas:

La Ley Nacional N° 15336, denominada ley de la energía eléctrica, en su artículo 39° se refiere a precios y tarifas. Especifica que el Poder Ejecutivo Nacional fijará los precios y tarifas para la energía eléctrica que se comercializan “los servicios públicos de jurisdicción nacional, los que dentro del principio de lo justo y razonable deberán responder básicamente a los siguientes conceptos”:

a) costos de capital (fondos de renovación y reserva, impuestos, seguros, amortizaciones e intereses de capital); b) sueldos y jornales; c) gastos generales; d) combustibles y lubricantes; e) pérdidas de energía. En el artículo 40 se establece que: “Las tarifas y precios serán establecidos sobre la base de la demanda probable estimada como conveniente, que soporte cada central durante el año”.

Los costos así establecidos según el art. 39° dividido la demanda probable de energía anual (art. 40°) determinan lo que se llama “el costo medio monómico de la energía a vender” en \$/kWh. Quedan así determinados los ingresos de explotación de la empresa.

Definido el monto de los ingresos que se consideran adecuados, corresponde abordar propiamente el problema de tarifas, esto es, el diseño o elaboración de escalas específicas de precios que se han de aplicar a los servicios suministrados a los diferentes tipos de consumidores. El servicio eléctrico es una combinación de cantidad, intensidad y oportunidad del uso de la energía, que es propia de cada consumidor, y que tiene una influencia decisiva en el régimen de costos de la empresa. Por esta razón, no puede hablarse estrictamente del precio de la energía eléctrica sin especificar las condiciones en que esta energía se suministra.

De allí la necesidad de disponer de tarifas, que no son precios sino tablas o escalas de precios que valen para las múltiples modalidades de consumo que se presentan en la práctica. Así por ejemplo, el servicio eléctrico que se suministra a un consumidor industrial importante no queda definido solo por la cantidad de energía consumida (kWh) sino que además, por otros elementos tales como, demanda máxima (kW), factor de carga, factor de potencia ($\cos \phi$),

ELECTROTECNIA Y MÁQUINAS ELÉCTRICAS -
PRODUCCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA

tensión de entrega, restricción de demanda en horas de punta, proporción de energía térmica (ajuste por combustible) etc.

Ante esta problemática, le cabe a la entidad reguladora adoptar una posición de equidad frente a los intereses divergentes de la empresa abastecedora y de los consumidores. Tal criterio queda expresado en el principio de lo que los precios aplicados a los consumidores y las utilidades obtenidas por la empresa deben ser “justos y razonables”.

Actualmente los costos se distribuyen en tres funciones o elementos principales: 1) demanda o capacidad; 2) energía y 3) tipo de consumidor. Con lo anteriormente expuesto se clasifican todos los consumos en diversos grupos o categorías, de modo que cada una de éstas reúna a consumidores de características más o menos similares. Quedan así definidos los elementos que componen el “Régimen Tarifario”, que para nuestro país se clasifica de la siguiente manera (A.yE.E.): Tarifa N° 1 (residencial) se aplica a los servicios eléctricos prestados en general a casas o departamentos destinados a vivienda, cuya demanda máxima no supere los 20 kW. Tarifa N°2 (servicio general) se aplica en establecimientos comerciales. Tarifa N°3 (alumbrado público). Tarifa N° 4 (autoridades) Se aplica en reparticiones públicas. Tarifa N° 5 (grandes potencias) se aplica en establecimientos comerciales e industriales cuya capacidad de suministro sea de 50 kW o más. Tarifa N°6 (sistema de transmisión interconectado) se aplica a los servicios eléctricos prestados en alta tensión. Tarifa N° 7 (sistema de generación interconectado) se aplica a los servicios eléctricos prestados directamente desde centrales o estaciones transformadoras.

Además, cada una de estas tarifas, está subdividida en diferentes bloques que pueden ser: (a) un precio por cargo fijo mensual o por kW de capacidad de suministro, haya o no consumo de energía, (b) un precio por corto rango de energía consumida, que a su vez puede tener varios rangos, de tal manera que al aumentar el consumo, el precio por kW disminuye.

En las tarifas, también suele hacerse referencia a los casos de consumo en horas de pico, fuera de pico y nocturno; todo esto tendiendo a desalentar el consumo en horas de máxima y fomentarlo en horas de valle.

Por último, los cuadros tarifarios dependiente de la Nación, contemplan diferentes valores para las distintas zonas en que se ha dividido el país, a saber: Central, Cuyo, Litoral, Mar del Plata, Noreste, Norte y Patagónico.

Cabe destacar que dentro de los regímenes tarifarios existen tarifas preferenciales para aquellas industrias que sean de carácter electro intensivas, es decir para aquellas industrias en las que la energía eléctrica es un insumo muy importante en el costo total del producto, por ejemplo la industria electrometalúrgica (ferro aleaciones) a las que se les hace un descuento del 30% de la tarifa 6 ó 7, según corresponda, dado que la energía eléctrica, puede representar entre un 25 al 30% del costo total del producto.-

--ooOoo--