

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA



**“PROGRAMA DE MONITOREO AMBIENTAL DE
UNA CENTRAL HIDROELÉCTRICA”**

TESIS

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE INGENIERO
MECÁNICO - ELECTRICISTA**

ARMANDO EDILBERTO GEJAÑO HINOSTROZA

Promoción 1995-I

LIMA, PERÚ

2009

ÍNDICE

Prólogo	1
Capítulo 1: Introducción	
1. Antecedentes	4
2. Objetivos	4
3. Alcances	4
Capítulo 2: Descripción de los componentes de una central hidroeléctrica	
1. Hidrología del río	5
2. Embalse estacional	12
3. Toma	14
4. Desarenador	15
5. Galería de aducción	17
6. Cámara de carga	21

7. Conducto forzado	22
• Otros componentes	27
8. Casa de máquinas	29
• Turbinas	32
• Alternador	39
• Excitatriz	40
• Cojinetes	41
• sistemas auxiliares	41
9. Imágenes de los componentes de una central hidroeléctrica	43

Capítulo 3: Consideraciones ambientales

Aspectos físicos	54
Aspectos asociados al uso del recurso	59
Proceso productivo de energía eléctrica	60
Emisiones de la atmósfera	62
Ruidos radiaciones electromagnéticas	64

Capítulo 4: Métodos y equipos usados en el registro y análisis de los parámetros ambientales

Monitoreos	66
Normatividad nacional e internacional	82
Tecnología aplicada	82

Capítulo 5: Análisis de los resultados de las mediciones

Evaluación del Impacto Actual	88
Impactos del Ambiente a las Instalaciones de EDEGEL S.A.	90

Capítulo 6: Medidas de mitigación y compensación

Capítulo 7: Aspectos económicos

Conclusiones	100
Recomendaciones	101
Bibliografía	102
Anexo	104

PRÓLOGO

Actualmente, para la viabilidad de un Proyecto Eléctrico se debe efectuar necesariamente un “ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL” (EIA), el cual se basa en el “REGLAMENTO DE PROTECCIÓN AMBIENTAL EN LAS ACTIVIDADES ELÉCTRICAS” DS 029/94-EM. Uno de los requerimientos es el Programa de Monitoreo Ambiental el cual consiste en tomar datos de todos los parámetros como aire, suelo, subsuelo, ríos, lagos, ruido y aspectos culturales y presentarlos en el EIA en un plazo establecido.

Una de las metas del EIA es contrarrestar el impacto hacia el ambiente natural, del cual dependen muchas especies y pueblos en vías de desarrollo. En otras palabras el EIA minimiza los posibles impactos al Medio Ambiente y mejora el entorno en el que se aprovechará el recurso natural en una obra proyectada.

La Tesis está estructurada de la siguiente manera:

En el capítulo uno, se presenta los componentes de una Central Hidroeléctrica y se realiza el estudio de la toma de agua, el desarenador; la interceptación de la corriente por medio de una presa, los elementos hidrológicos e hidrodinámicos, detallando los materiales hidráulicos, eléctricos y mecánicos.

En el capítulo dos, se hace mención de las consideraciones ambientales estudiando los aspectos asociados al daño del ecosistema como residuos

sanitarios, ruido, el polvo, de manera que tengamos que minimizar daños y evitar todo tipo de conflictos sociales, económicos.

En el capítulo tres, usaremos métodos y equipos para el registro y análisis de los parámetros ambientales, el continuo monitoreo de emisiones, focalizando impactos provocados por la operación del trabajo, teniendo en cuenta la normatividad nacional e internacional así como la tecnología aplicada.

El capítulo cuatro, analizaremos y detallaremos la gravedad del impacto ambiental; así como se ilustra los diferentes impactos obtenidos durante el monitoreo de las Centrales Hidroeléctricas de la empresa EDEGEL.

En el capítulo cinco, se hace mención de la Capacitación sobre el medio ambiente que deben conocer los trabajadores; los equipos a usarse deben contar con certificado de conformidad, así como tomar medidas de protección de la calidad de aire por emisiones de gases, protección del suelo, manejo de aguas residuales domésticas y residuos sólidos.

El capítulo seis aborda el marco del análisis económico, tipificando costos de inversión y de operación, monitoreo ambiental, programa de educación ambiental; analizando los costos de la energía resultante y su sensibilidad frente a factores que lo afectan.

En las Conclusiones se exponen los alcances y aportes de la Tesis.

En las Recomendaciones, se menciona el uso del reglamento de protección ambiental, y del continuo monitoreo ambiental en la operación.

Finalmente en la bibliografía se presentan las referencias bibliográficas de documentos virtuales (Internet, direcciones de correos electrónico), libros, anexos.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES:

Las Centrales Hidroeléctricas tienen muchas ventajas, entre las cuales se pueden mencionar, que procesa energía limpia y renovable, pero su implementación puede causar en algunos proyectos grandes problemas hacia los seres que dependen del ecosistema en el que se desarrolla el proyecto.

El Proyecto de una Central Hidroeléctrica implica la construcción de obras civiles e hidráulicas que puedan presentar graves impactos al Medio Ambiente como son: Presas, Bocatomas, Canales, Túneles, Cámaras de Carga, Tubería Forzada, Carreteras y Plantas de Fuerza.

OBJETIVOS:

Entre los objetivos del presente Programa de monitoreo se tiene:

- Identificar, evaluar e interpretar los impactos ambientales potenciales, cuya ocurrencia tendría lugar en las diferentes etapas de un proyecto de C.H.
- Proponer medidas adecuadas en el Plan de Manejo Ambiental que permitan prevenir, mitigar o corregir los efectos adversos significativos, así como para fortalecer los impactos positivos.

ALCANCES:

El alcance del informe comprende los aspectos a considerar en el monitoreo ambiental de una central hidroeléctrica así también el análisis de mediciones y medidas de mitigación. Asimismo el alcance también comprende una descripción de los principales componentes de una central hidroeléctrica.

CAPÍTULO 2

DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES DE UNA CENTRAL HIDROELÉCTRICA

1. HIDROLOGÍA DEL RÍO

Utilización de la energía hidráulica

Parte de la energía del agua que evoluciona siguiendo el ciclo hidrológico de la naturaleza se puede aprovechar para obtener trabajo útil, por ejemplo, por medio de una turbina; en vez de dejar que se pierda en rozamientos, excavación del lodo del río y acarreo de materiales. La energía cinética del agua de un río no suele exceder de los 20 J/Kg., mientras que por el contrario, la energía potencial puede llegar a valores del orden de los 3.000 J/kg.



Figura 1.

Energía Hidráulica

Métodos de la reducción de pérdidas

Existen básicamente dos métodos para reducir las pérdidas que se nos presentan en el curso de un río:

a) **Interceptación de la corriente por medio de una presa:** La construcción de una presa en un río eleva el nivel del mismo, lo que se traduce en una disminución de la pendiente del mismo y la consiguiente utilización de la corriente, disminuyendo por tanto las pérdidas.



Figura 2

Interceptación de la corriente por una presa.

b) **Desviación de la corriente:** La corriente de agua se intercepta por medio de un dique y se desvía por medio de un canal o un conducto artificial a la central, de donde, una vez turbinada, desagua en el propio río a una cota inferior.

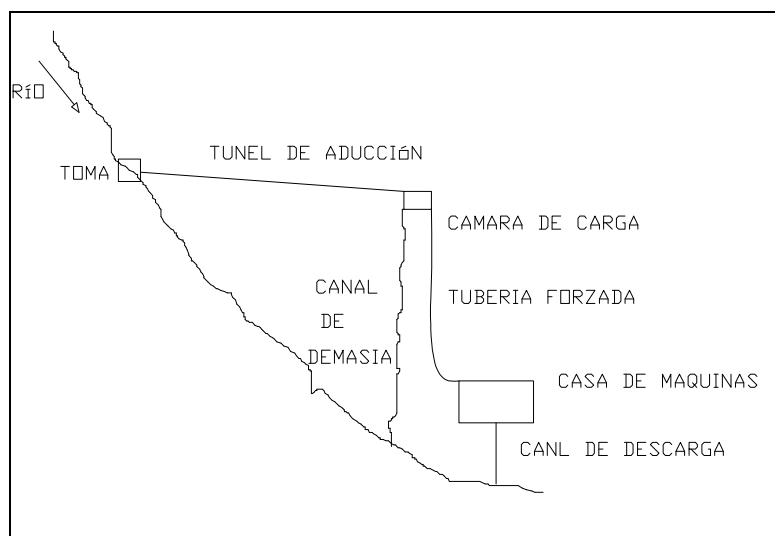


Figura3

Desviación de la corriente para el aprovechamiento hidráulico de un río.

Elementos hidrológicos e hidrodinámicos de un aprovechamiento hidráulico

Para conocer la energía y la potencia aprovechables de un salto de agua hay que conocer una serie de datos sobre las condiciones:

Hidrológico: Régimen de lluvias.

Hidrodinámica: Facilidad de acumulación, de regulación, y desnivel.

Datos característicos más importantes

- **Cuenca Hidráulica o Afluente:** La superficie en km^2 , proyectada sobre el plano horizontal, tal que las aguas recogidas en ella lleguen al salto.
- **Salto Bruto Disponible:** Es la diferencia de nivel entre el depósito acumulador o cámara de carga y la salida del agua en el canal de descarga
- **Salto neto:** Es la altura del salto aprovechable por la turbina, y es igual al salto útil menos las pérdidas de carga que tienen lugar a lo largo de la

conducción forzada, debidas a la embocadura en la cámara de carga, tubería, codos, reducciones, válvulas, etc.

- **Caudal:** Al analizar la potencia producible por una central hidráulica no basta con tener en cuenta la altura del salto, sino también el caudal que se va a poder turbinar. Éste dependerá en cada momento de las condiciones particulares de la cuenca hidráulica, cosa que habrá de tenerse en cuenta a la hora de realizar el proyecto de nuevas instalaciones o la modificación de las existentes.

Las cantidades de agua caídas en una cuenca varían de año en año y se reparten desigualmente a través de los meses. Pero no toda el agua precipitada puede utilizarse, dado que una parte de ella es absorbida por la vegetación, otra parte se infiltra en el subsuelo, pudiendo incluso, en algunos casos, aflorar posteriormente en una cuenca distinta. Sin embargo, este último efecto, al contrario que la evaporación, no afecta a la cantidad total de agua utilizable en el conjunto. El resto de la precipitación corre superficialmente y se denomina esorrentía.

El Coeficiente de esorrentía de una cuenca, se define como el cociente entre el caudal del río y el volumen total del agua precipitada sobre dicha cuenca.

No toda el agua de esorrentía es utilizable. Las lluvias intensas dan grandes caudales de crecida durante un cierto número de días y no resulta rentable dimensionar las instalaciones para estas situaciones excepcionales, debiendo en este caso verter el resto sin ningún aprovechamiento. Para un conocimiento preciso de la energía producible por un río es preciso recurrir a la elaboración de series cronológicas de datos sobre el caudal, y esto se lleva a cabo mediante los aforos.

La manera más frecuente de realizar estos aforos consiste en disponer un vertedero de pared delgada situado a todo lo ancho del río. Construido éste, basta con tener junto a él una escala graduada que mida el nivel del río. Como las alturas del vertedero están ligadas a la velocidad del agua, no es necesario medir ésta, pues las fórmulas del vertedero dan directamente el caudal. Las estaciones de aforos deben ser tratadas periódicamente, porque las avenidas pueden provocar modificaciones del lecho del río.



Figura 4

Vertedero Central Hidroeléctrica Los Esclavos

Otra posibilidad de realizar el aforo es mediante molinetes independientes, situados sobre una sección transversal del río, que dan la velocidad del agua en cada punto. Para hallar el caudal se divide la sección del río en una retícula con un molinete en cada cuadro y la velocidad que marca se toma como media en dicha cuadrícula; obteniéndose el caudal total como suma de todos los productos del área de cada cuadrícula, por la velocidad media respectiva en la misma.

Irregularidades del régimen hidráulico

Las características de un río no se conocen suficientemente hasta que no se dispone de un gran número de datos a lo largo de varios años (del orden de los 20 años a superior). Se pueden obtener correlaciones entre los caudales y las precipitaciones, datos que son normalmente mejor conocidos. A partir de todos ellos se puede determinar el régimen hidráulico del río y la influencia de los principales factores que le afectan, y que determinan su irregularidad. Se pueden distinguir tres tipos de irregularidades: diaria, estacional y anual.

- **Irregularidad diaria:** Es máxima en los cursos de agua alimentados principalmente por glaciares, ya que la fusión de la nieve es mucho más acentuada por el día que por la noche. El retardo asociado a este proceso hace que el caudal máximo diario se presente hacia las últimas horas de la tarde y la mínima hacia el mediodía.
- **Irregularidad estacional:** Es máxima en los torrentes de montaña, en los cuales el estiaje ocurre en invierno (régimen glaciar) o en las regiones áridas o semidesérticas, presentándose en este caso el estiaje durante los meses de verano (régimen pluvial). Cuando el río está alimentado por las nieves de las grandes alturas y por las lluvias de las alturas medias se habla de régimen mixto, estiajes en invierno y verano (figura).

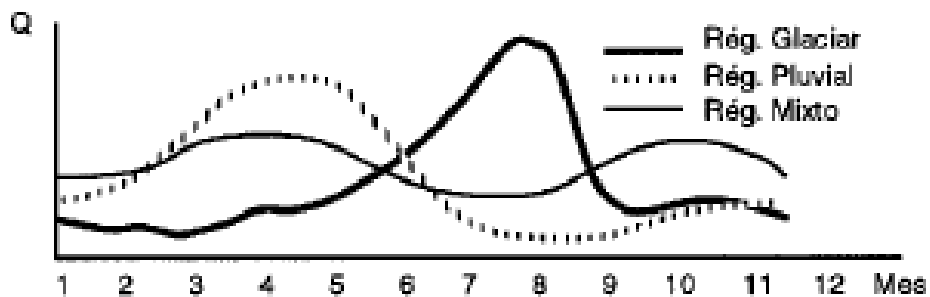
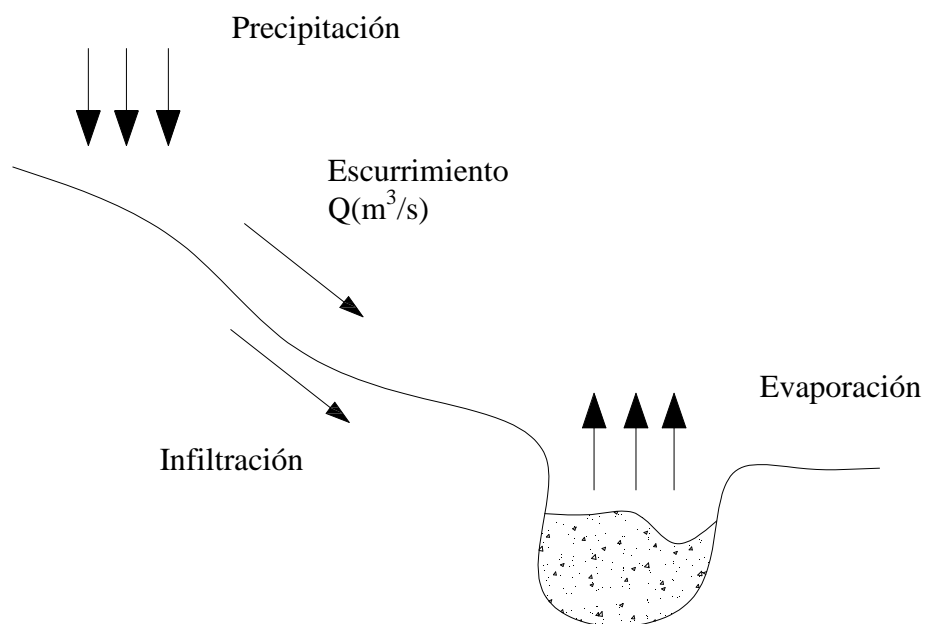


Figura 5

Representación grafica de los diferentes cursos de agua.

- **Irregularidad anual:** Es mucho menos pronunciada, ya que el ciclo se repite de una manera más a menos constante todos los años pero cíclicamente producen acentuadas variaciones

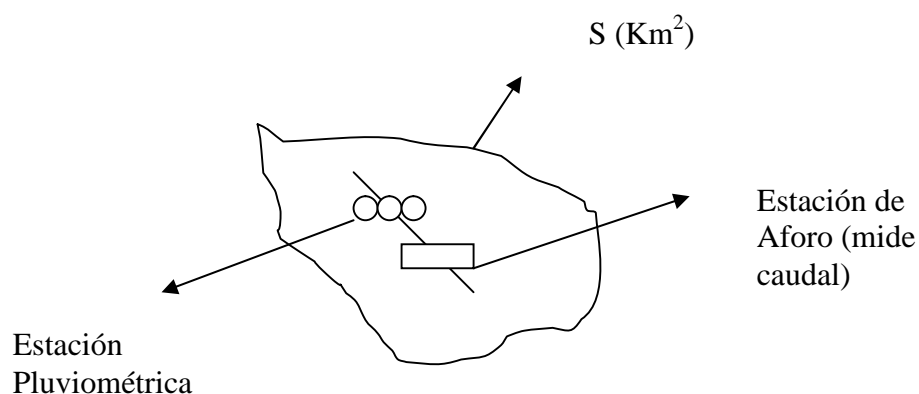
Balance Hidrológico:



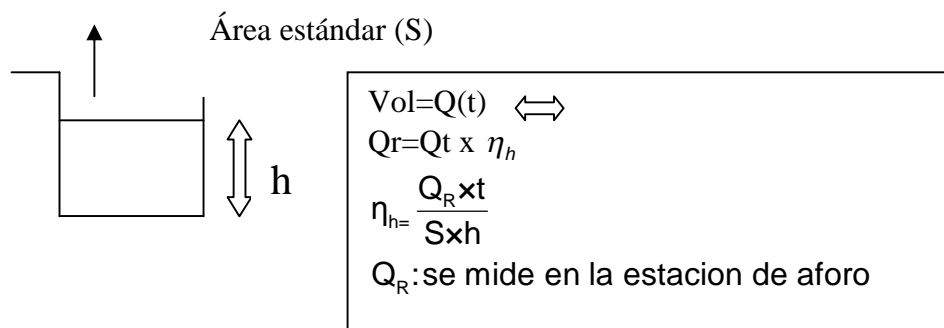
$$\text{Precipitación} = \text{Esgurrimiento} + \underbrace{\text{Infiltración} + \text{Evaporación}}_{\text{Perdidas}}$$

$$\text{Rendimiento Hidrológico} = \frac{\text{Esgurrimiento}}{\text{Precipitación}}$$

En la Cuenca :



Pluviómetro:



2. EMBALSE ESTACIONAL

Un embalse, resulta de almacenar todas las aguas que afluyen en el territorio sobre el que está enclavado, identificado como cuenca vertiente, con el fin de poderlas encauzar para una adecuada utilización según las necesidades exigidas por la instalación.

Las dimensiones de un embalse, dependen de los caudales aportados por el río embalsado y sus afluentes, de los períodos de avenidas o estiajes y, fundamentalmente, de las características de producción de la central para la cual se forma.

Un embalse de amplia cabida, que recoge el agua durante períodos pluviométricos favorables, puede cubrir las demandas de energía en épocas deficitarias de lluvias, dentro de ciertos límites.

Capacidad útil: Se trata del volumen de agua disponible para cubrir la demanda de la instalación para la que se destina el embalse.

Capacidad total: Totalidad del volumen de agua acumulada, es decir, la útil más la no utilizable (Volumen Muerto).

Cálculo del caudal en estiaje: Con el estudio integral de la cuenca calculamos la capacidad del embalse estacional en m^3 que necesitamos, también $Q_{est-nat}$ (estiaje natural). $Q_{ecológico} \approx 0.5 m^3/s$. Tiempo de estiaje son 7 meses.

$$\text{Vol Embalse} = \text{Vol Total}$$

$$\text{Vol Total} \times 0.95 = \text{Volumen Útil}$$

$$\Delta Q = \frac{\text{Volumen Útil}}{7m \times 30d \times 24h \times 3600s}$$

$$Q_{estiaje} = \Delta Q + Q_{est-nat} + Q_{eco}$$



Figura 6

Embalse estacional

3. TOMA

Es el lugar donde se desvía el curso del agua para conducirla a la Cámara de Carga mediante una Galería de Aducción (que puede ser túnel o canal)

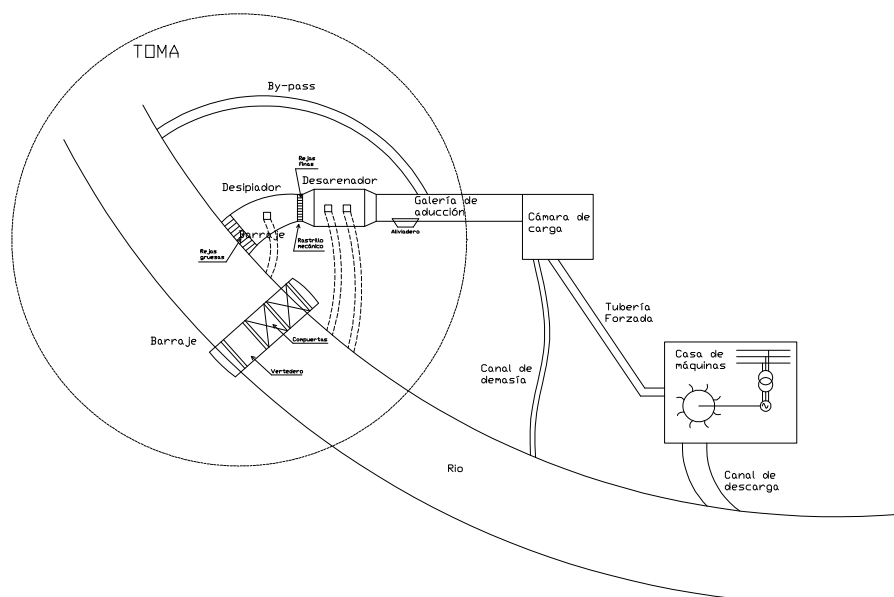


Figura 7

Ejemplo de toma de agua



4. DESARENADOR

Es la instalación situada al comienzo de la galería de aducción, que tiene como finalidad decantar los sedimentos que arrastra el río en periodos de avenidas



Figura 8

Desarenador

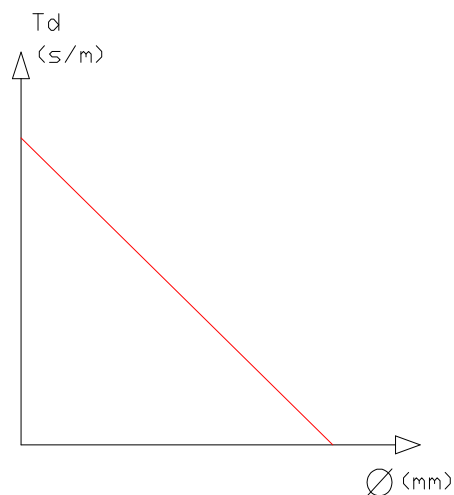
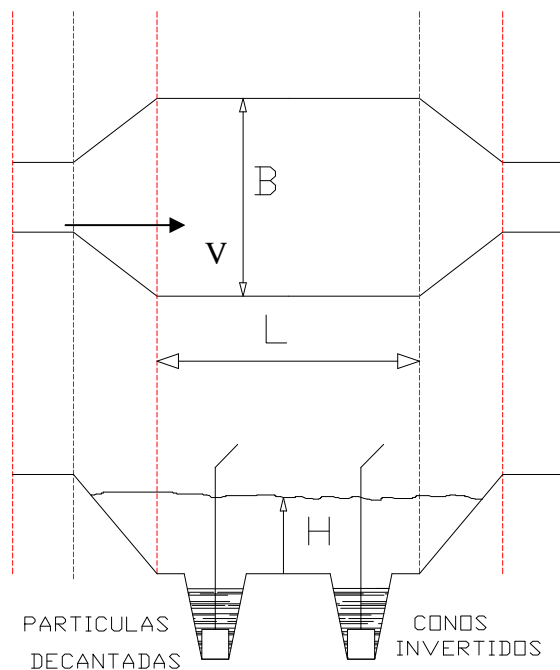


Figura 9

Desarenador de 6 naves

Tipos de Desarenadores:

- **Convencional:** Es de flujo horizontal, el más utilizado en nuestro medio. Las partículas se sedimentan al reducirse la velocidad con que son transportadas por el agua. Son generalmente de forma rectangular y alargada, dependiendo en gran parte de la disponibilidad de espacio y de las características geográficas. La parte esencial de estos es el volumen útil donde ocurre la sedimentación.
- **De flujo vertical:** El flujo se efectúa desde la parte inferior hacia arriba. Las partículas se sedimentan mientras el agua sube. Pueden ser de formas muy diferentes: circulares, cuadrados o rectangulares. Su costo generalmente es más elevado.



$$V = \frac{Q}{B \times H}$$

V = Velocidad (m/s)

$$0.2 \text{ m/s} < V < 0.3 \text{ m/s}$$

L = Longitud del Desarenador

$$L = T_d \times H \times V \times F_s$$

T_d : Tiempo de decantación

H : Altura

F_s : Factor de servicio

5. GALERÍA DE ADUCCIÓN

La alimentación de agua a las turbinas se puede hacer directamente a través de la presa en centrales a pie de embalse o a través de un complejo sistema de canalizaciones en caso de centrales en derivación.

En el caso de los canales, éstos pueden realizarse excavando el terreno en la ladera o en forma artificial mediante estructuras de hormigón. En todo caso, las pendientes de las mismas son muy débiles, del orden de algunas diezmilésimas. Para evitar grandes longitudes, el desnivel del río debe de ser grande y suele ir

acompañado de una orografía irregular, lo que dificulta la construcción de los canales. Por esta razón se prefiere, por lo general, la solución de túnel de carga que, no obstante su mayor costo, se adapta mejor a las condiciones geográficas. Además en este caso, la respuesta de la instalación ante aumentos bruscos de la demanda es mejor. Como contrapartida se requieren estudios geológicos exhaustivos y mayores dificultades de construcción, debiendo tener gran cuidado en la transmisión de los esfuerzos de presión al terreno.

Desde este punto de vista el perfil circular es el más adecuado, pero su realización no es cómoda debido a la dificultad de circulación de las máquinas excavadoras sobre una superficie cilíndrica, limitándose a las galerías que trabajan con presiones elevadas o en terrenos de calidad intermedia. En otros casos, se prefiere el perfil en herradura, o de curvatura continua, cuyas características se muestran en la figura . Por lo general se dispone un recubrimiento de hormigón para disminuir el rozamiento y permitir así una sección transversal menor. Cuando la presión estática es muy elevada o la longitud del túnel grande hay que recurrir al empleo de hormigón precomprimido.

Imágenes de Túneles

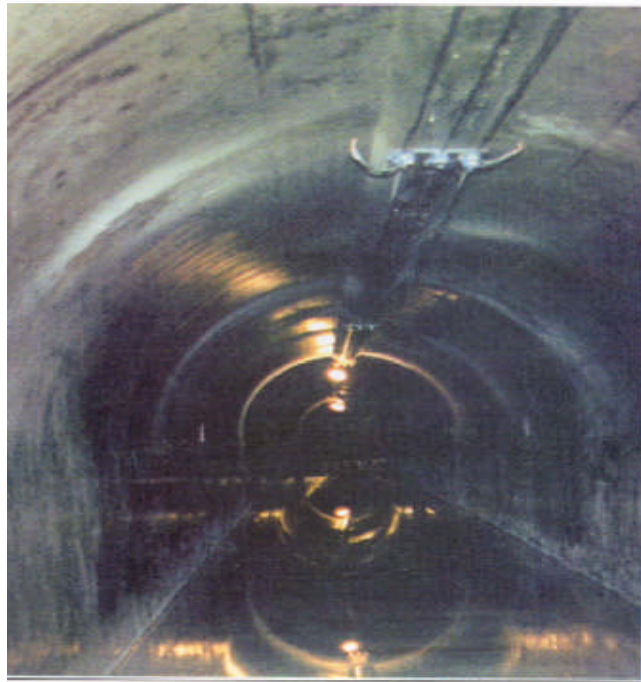


Figura 10



Figura 11

Imágenes de Canales



Figura 12



Figura 13

6. CÁMARA DE CARGA

Se ubica en la parte final de la galería de aducción, tiene por finalidad de abastecer de agua a la central.

Cálculo del ΔQ adicional:

- **Hora Punta 18-23hr=5h**

$$\Delta q = \frac{\text{Volumen de la Cámara}}{5h \times 3600s}$$

$$Q_{\text{total HP}} = Q_{\text{nom}} + \Delta q$$

- **Hora Fuera de Punta 0-18hr=19h**

$$\Delta q = \frac{\text{Volumen de la Cámara}}{19h \times 3600s}$$

$$Q_{\text{total HFP}} = Q_{\text{nom}} - \Delta q$$

Foto cámara de carga



Figura 14

7. CONDUCTO FORZADO

Se sabe que los canales son conductos excelentes para transportar el agua a lo largo de rutas de pendiente mínima, pero cuando el declive del terreno es mayor de 5% el conducto debe ser cerrado necesariamente y con un espesor apropiado para soportar la presión interna que se desarrolla en el agua al cambiar de altitud, más de lo que corresponde a la velocidad con que se mueve.

Dicho conducto llamado tubo a presión o tubo forzado, puede ser construido de materiales diversos pero conviene que el material cumpla las condiciones mínimas siguientes:

- a) Debe ser capaz de resistir por si misma o con auxilio de otros materiales, en forma satisfactoria, los esfuerzos debido a la presión hidrostática, el golpe de ariete y a la fricción del tubo sobre sus apoyos.
- b) Debe ser suficientemente elástico para soportar, sin romperse, cambios de presión. Además. La elasticidad del material ayuda a reducir la violencia en el golpe de ariete.
- c) Debe ser impermeable para evitar fugas de agua sobretodo con presiones elevadas.
- d) Debe resistir a la acción corrosiva del agua en la parte interior y a la medio ambiente en la parte exterior.

- e) Debe dar facilidades para efectuar uniones tanto más perfectos cuánta más alta sea la presión interna.

- f) Debe resistir a la compresión que proviene de la dilatación por cambio de temperatura.

Elementos que constituyen una tubería:

- Apoyos
- Anclajes
- Junta de dilatación
- Juntas de montaje
- Pasos de hombre
- Válvulas de vaciado
- Refuerzos

En el caso de tuberías metálicas, y con objeto de reducir el espesor de las mismas, y por tanto el costo, se disponen unos anillos de refuerzo o blindaje, espaciados a intervalos regulares a lo largo de la tubería. En el caso de tuberías blindadas, estos anillos van unidos a roblones a la misma, o bien son introducidos en caliente cuando se trata de tubos de plancha de acero soldada. En cambio, en las tuberías predeformadas, los anillos se montan en frío, aprovechando que su diámetro es ligeramente mayor, y a continuación se somete la tubería a una presión interna de unos 2500 kg/cm^2 , de modo que al deformarse queda comprimida contra los anillos, de esta forma se consigue una reducción de peso del 50 % y un abaratamiento del 30 % respecto a los tubos soldados. Otra posibilidad de ahorrar material consiste en

arrollar alrededor del tubo un cable de acero tensado, en forma de hélice, actuando como un zunchado externo.

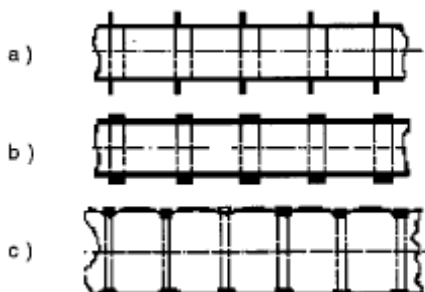


Figura 15

Tuberías reforzadas: a) Zunchada; b) Blindada; c) Predeformada.

Diseño de la Tubería Forzada:

Para calcular los diámetros y espesores de la Tubería Forzada se toman en consideración los siguientes datos:

Se calcula los costos de la tubería según la longitud y las perdidas que tendrán según la ecuación de Darcy:

$$hr = f \frac{L v^2}{D 2g}$$

hr : Perdidas en la tubería (m)

f: Coeficiente de Perdidas

L: Longitud de la tubería

D: diámetro de tubería

En función del diámetro, caudal y altura; se calcula los costos ; teniendo este resultado procedemos a derivar dicha función , respecto del diámetro

$$\frac{d(C_{material} + C_{Energia})}{dD} = 0$$

Teniendo una expresión :

$$D = k \sqrt{\frac{Q^3}{H}}$$

K: Constante a calcular

Q: Caudal (m/s)

H: Altura según tramo (m)

Desarrollando el cálculo anterior procedemos a determinar el espesor:

$$e = \frac{P \times D}{2 \times \sigma \times K}$$

P: Presión ($\rho \times g \times (H + \Delta H)$)

Donde $\approx \Delta H = 25\% \times H$ (efecto ariete)

D: Diámetro

σ : Esfuerzo de tracción

K: Coeficiente de Soldadura

Fotos Conducto Forzado



Figura 16



Figura 17

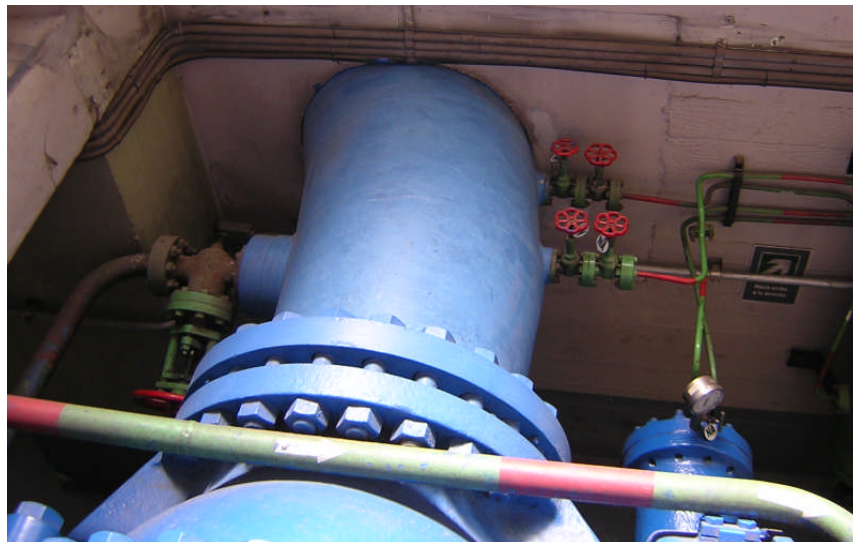


Figura 18

Llegada de la tubería forzada a la turbina

Otros componentes

- **Válvulas**

Son los dispositivos de apertura y cierre de la circulación de agua por las tuberías.

Se clasifican:

A) Por la función:

- Válvulas de seccionamiento: Se utilizan para cerrar y abrir el paso del agua hacia las turbinas.

- Válvulas de seguridad: Están equipadas con dispositivos para el cierre automático cuando:

a) La velocidad del agua exceda un límite prefijado.

b) Cuando el gasto de agua exceda al que la turbina use habitualmente (embalamientos).

B) Por la forma constructiva:

Las de compuerta trabajan de forma similar a las compuertas planas. Para que la presión del agua sobre la cara anterior no provoque grandes esfuerzos de rozamiento, van dotadas de un by-pass que permite anegar el espacio de la tubería aguas abajo de forma que las presiones se igualen con lo que pueden levantarse con menor esfuerzo.

Las válvulas de mariposa se utilizan habitualmente en saltos de pequeña altura y gran caudal. Tienen una forma lenticular que puede girar sobre un eje diametral. No

necesita by-pass, ya que en cada posición las fuerzas están compensadas en cada mitad del órgano de obturación y en la posición de apertura máxima producen siempre unas inevitables pérdidas de carga, pudiendo aparecer también vibraciones y cavitaciones.

Las válvulas de tipo esférico están constituidas por una esfera con un taladro pasante de igual diámetro que la tubería que gira alrededor de un eje horizontal. No produce pérdidas de carga. Son de accionamiento lento necesitan by-pass. Al igual que las de mariposa se accionan mediante un motor hidráulico. Por sus características de seguridad suelen instalarse justa antes de la entrada a las turbinas. Cuando la central es subterránea se instalan en una caverna especial para ellas.

Fotos válvula esférica



Figura 19



Figura 20

8 CASA DE MÁQUINAS

Elementos constitutivos de una central hidroeléctrica

El objeto de una Casa de Máquina es albergar el equipo hidráulico y eléctrico. La central acostumbra a dividirse verticalmente, en las instalaciones con el eje de la turbina en posición vertical, en tres niveles, tal como se representa en la figura.

1. Nivel de los tubos de aspiración, galerías de desagüe.
2. Nivel de las tuberías forzadas y las turbinas.
3. Nivel de los alternadores.



Casa de maquinas

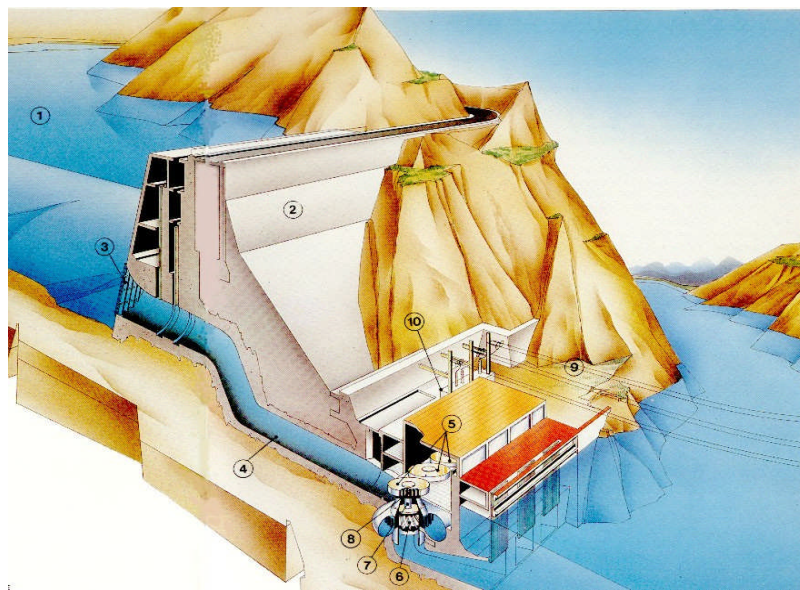


Figura 21

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

En las centrales hidroeléctricas de eje horizontal (figura) los niveles 2 y 3 son coincidentes. En estos niveles se encuentran fundamentalmente la sala de maquinas, la sala de Transformadores y los Servicios Auxiliares

Equipo de una central eléctrica

El equipo de una central hidroeléctrica consta de:

Material hidráulico:

- Turbinas
- Válvulas
- Bombas

Material eléctrico:

- Alternadores
- Transformadores
- Aparatos de control, registro y protección
- Fuentes de alimentación de los servicios auxiliares
- Grupos electrógenos de emergencia

Material mecánico:

- Equipo de mantenimiento
- Equipo de reparación

TURBINAS

Turbinas hidráulicas: Las turbinas hidráulicas son el elemento fundamental para el aprovechamiento de la energía en las centrales hidráulicas. Convierten la energía potencial del agua en energía mecánica que accionará el rotor del alternador. Esta energía hidráulica debe tomarse como suma de los tres términos que componen la ecuación de Bernoulli, es decir, el correspondiente a la cota geométrica, el término de presión y el de energía cinética.

Tomando como altura de referencia la cota de entrada del agua a la turbina, el término de altura geométrica desaparece, quedando solo los términos de energía cinética y presión. Esto permite efectuar la primera clasificación de las turbinas hidráulicas en dos categorías fundamentales:

1. **Turbinas de Acción.** En ellas, la energía de presión del agua se transforma, en el inyector, en energía cinética del chorro. El chorro de agua que sale a gran velocidad impulsa las paletas del rodete de la turbina, este es el caso de las turbinas Pelton.
2. **Turbinas de Reacción.** En el distribuidor se transforma solo parte de la energía de presión del agua en energía cinética. El agua entra en el rodete a una presión superior a la atmosférica. A la salida del rodete, debido al tubo de aspiración, que no existe en las turbinas de acción, la presión es inferior a la presión atmosférica, alcanzando el agua la presión atmosférica a la salida de la turbina.

A su paso por la turbina el agua ve modificada su cantidad de movimiento empleándose la diferencia en accionar el alternador y vencer las pérdidas de rozamiento mecánico del conjunto del rotor. Se comprende que cuanto menor sea la velocidad del agua a la salida (velocidad residual) mayor será la cantidad de energía aprovechada, para unas mismas condiciones de entrada.

La turbina Pelton está formada por una rueda móvil provista de aletas o cucharas en su periferia sobre las cuales incide el chorro de agua a la presión atmosférica. Este chorro sale de un inyector fijo en el cual la regulación se efectúa variando la posición de la aguja en el orificio de salida. El chorro de agua incide en la arista central de las cucharas y se divide en dos partes que salen despedidas lateralmente, para caer después al canal de descarga.



Figura 22



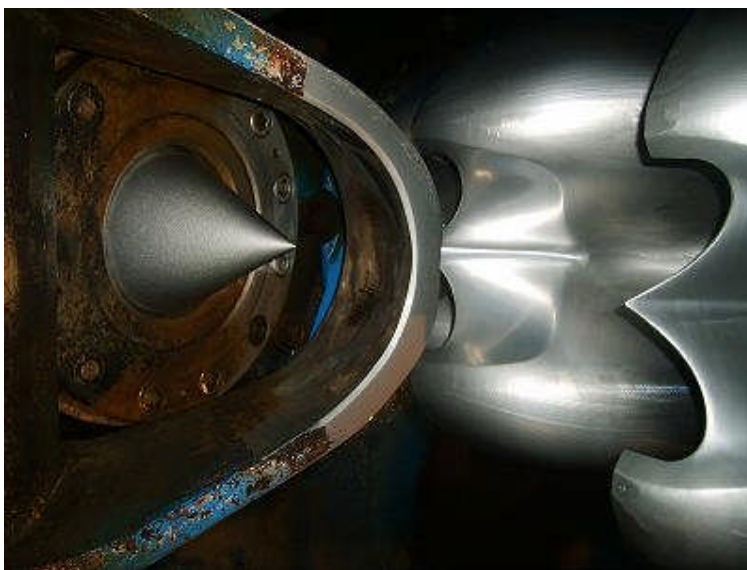
Figura 23

Alabes del rodete



Figura 24

Inyector de turbina pelton

**Figura 25**

Para caudales mayores pueden disponerse varias toberas (hasta seis) en diversas posiciones del rodete.

Este tipo de turbina tiene un excelente rendimiento porque la velocidad residual, o mejor, la componente de la misma sobre un plano perpendicular al eje de la rueda es muy pequeña. Se utiliza normalmente en saltos de gran altura y con caudales relativamente pequeños respecto al salto.

En la turbina Francis el agua a presión es llevada a una cámara espiral en forma de caracol, cuya misión es repartir el caudal por toda la periferia del rodete.

Una serie de alabes fijos se encargan de canalizar correctamente las líneas de flujo del agua. Entre esta hilera de alabes fijos y el rodete se encuentra una segunda fila de alabes móviles o palas directrices que constituyen lo que se denomina el anillo distribuidor (distribuidor de Fink, figura). Este distribuidor

permite regular el caudal de la turbina sin que las venas líquidas sufran desviaciones bruscas o contracciones, permitiendo un rendimiento elevado incluso con cargas reducidas. Estos álabes móviles pueden girar alrededor de un eje paralelo al eje de la máquina y el movimiento de cierre es simultáneo para todos ellos. Esto se consigue articulándolos individualmente mediante bielas a un único tambor circular que es accionado por un motor hidráulico. Dichas bielas llevan una entalladura de forma que, en caso de atascarse algún alabe directriz, aquella rompa por la sección más débil y no bloquee el conjunto. Algunos diseños modernos llevan un servomotor hidráulico por cada alabe, con la misma finalidad.

El rodete va dotado de alabes fijos y puede ser de eje horizontal o vertical siendo esta la disposición más corriente. La velocidad del fluido a la entrada está contenida en un plano perpendicular al eje de la turbina y tiene las dos componentes radial y circunferencial, de forma que sea tangente al borde del ataque de los alabes. La componente radial se transforma gradualmente en componente axial y la componente circunferencial se va reduciendo, de forma que a la salida del rodete el flujo es axial con un pequeño torbellino. La presión ha sido reducida a un valor inferior a la presión atmosférica y la mayor parte de la energía cinética restante se vuelve a convertir en energía de presión en la tubería de salida.

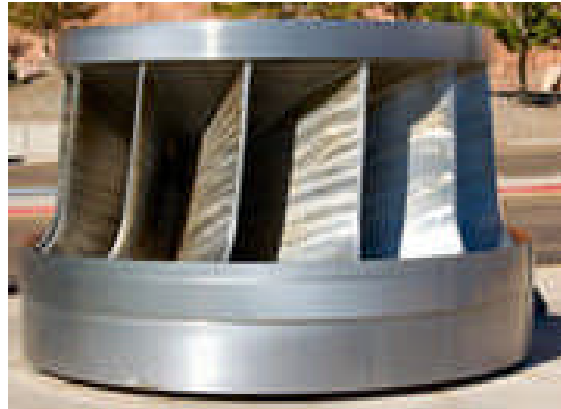


Figura 26

Rodete de una turbina Francis.



Figura 27

Distribuidor de una Turbina Francis

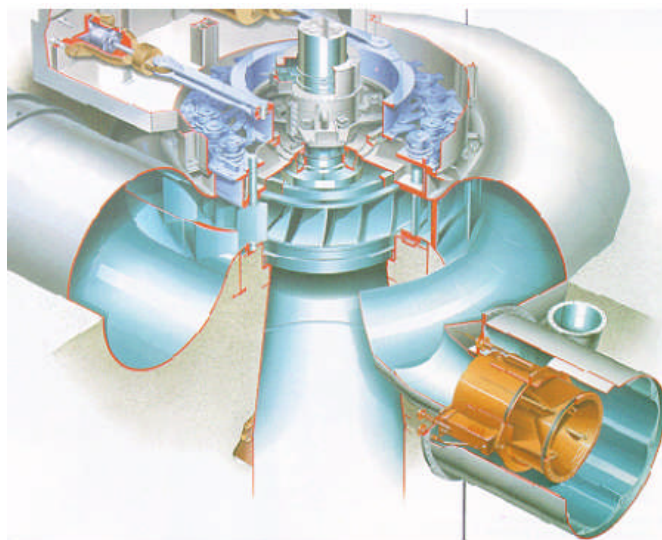


Figura 28

Turbina Francis de eje vertical

Las turbinas Kaplan responden a la necesidad de aprovechar saltos de gran caudal y poca altura, y a pesar de ser más caras que las turbinas Francis, tienen la ventaja de que a igualdad de caudal permiten un número de revoluciones mayor y por tanto la utilización de un alternador más económico.

Están constituidas por una hélice de pocos alabes y gran sección de paso entre ellos. El agua entra al rodete desde una cámara espiral con distribuidor regulable análogo al de las turbinas Francis, pero los alabes están situados a una altura relativamente menor, de modo que el flujo es prácticamente axial.

Los grupos bulbo constituyen la fase final del desarrollo, que con el fin de simplificar el flujo del agua y mejorar el rendimiento en los saltos de pequeña altura, comenzaron con la instalación de una turbina Kaplan de eje horizontal

de manera que atraviesa el muro del canal y el alternador se instala al otro lado del muro fuera del agua.

Lo característico de los grupos bulbo es que el alternador, acoplado directamente a la turbina, va instalado herméticamente en una capsula de chapa de acero de forma hidrodinámica, o bulbo, refrigerado por aire, de ahí el nombre con que se le designa; quedando de esta manera el grupo completo, turbina y alternador, sumergido en agua..

- **ALTERNADOR**

El alternador es una máquina destinada a transformar la energía mecánica en eléctrica, generando, mediante fenómenos de inducción, una corriente alterna. Los alternadores están fundados en el principio de que en un conductor sometido a un campo magnético variable se crea una tensión eléctrica inducida cuya polaridad depende del sentido del campo y su valor del flujo que lo atraviesa.



Figura 29

Alternador simple

- **EXCITATRIZ**

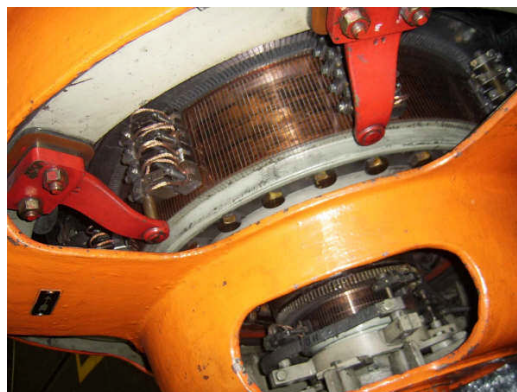


Figura 30

- **Excitatriz principal y excitatriz auxiliar piloto:** la máquina principal de corriente continua tiene como bobinado de campo otra máquina de excitación independiente, accionada por el mismo eje.

- **COJINETES**

Es raramente factible hacer deslizar dos superficies metálicas sin que a la larga, si no hay lubricación, se produzca daño en alguna de ellas. Los cojinetes auto lubricados consisten en una combinación de un componente metálico y de uno no metálico.



Figura 31

Cojinete entre la turbina y el generador

- **SISTEMAS AUXILIARES**



Figura 33

Grupo Diesel



Conjunto motor síncrono y alternador auxiliares



Figura 35

Compresoras

9 IMÁGENES DE LOS COMPONENTES DE UNA CENTRAL HIDROELÉCTRICA

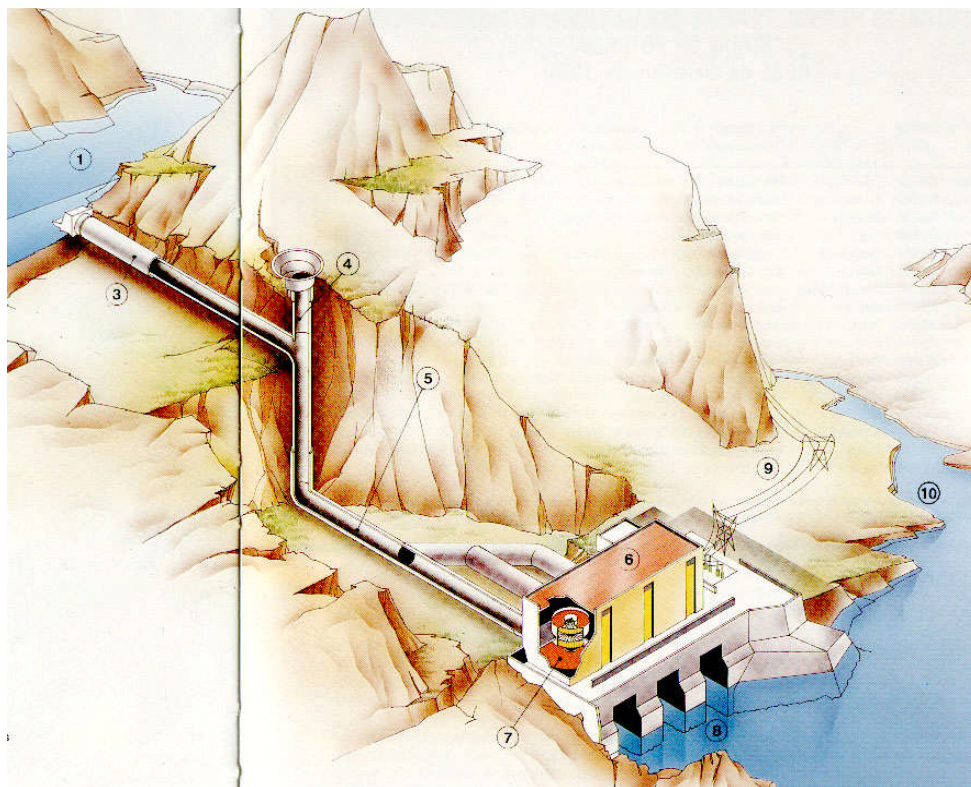


Figura 36

1. Embalse
2. Presa de contención
3. Entrada de agua a las máquinas (toma), con reja
4. Conducto de entrada del agua
5. Compuertas planas de entrada, en posición "izadas".
6. Turbina hidráulica
7. Alternador
8. Directrices para regulación de la entrada de agua a turbina
9. Puente de grúa de la sala de máquinas.
10. Salida de agua (tubo de aspiración)

11. Compuertas planas de salida, en posición "izadas"
12. Puente grúa para maniobrar compuertas salidas.
13. Puente grúa para maniobrar compuertas de entrada.

Fotos Sala de Fuerza



Figura 37

Turbina



Figura 38

Turbina - alternador - excitatriz



Figura 39

Sala de fuerza

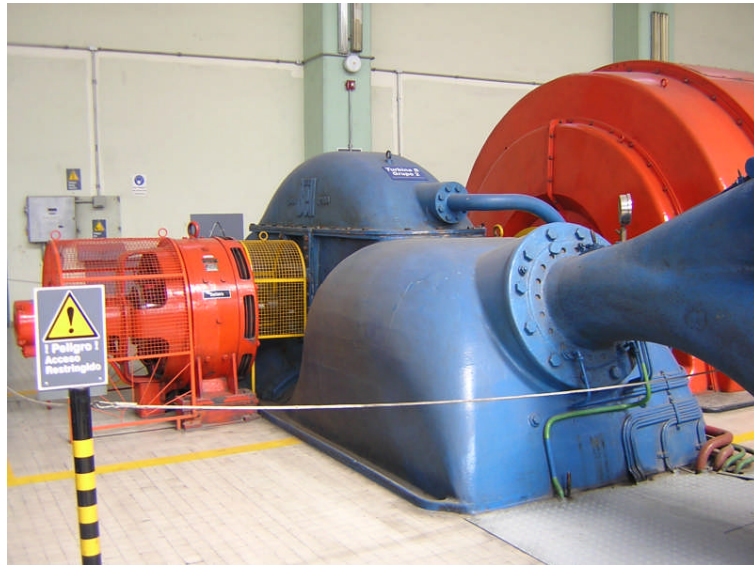


Figura 40

Excitatriz – Turbina – Alternador



Figura 41

Regulador de velocidad

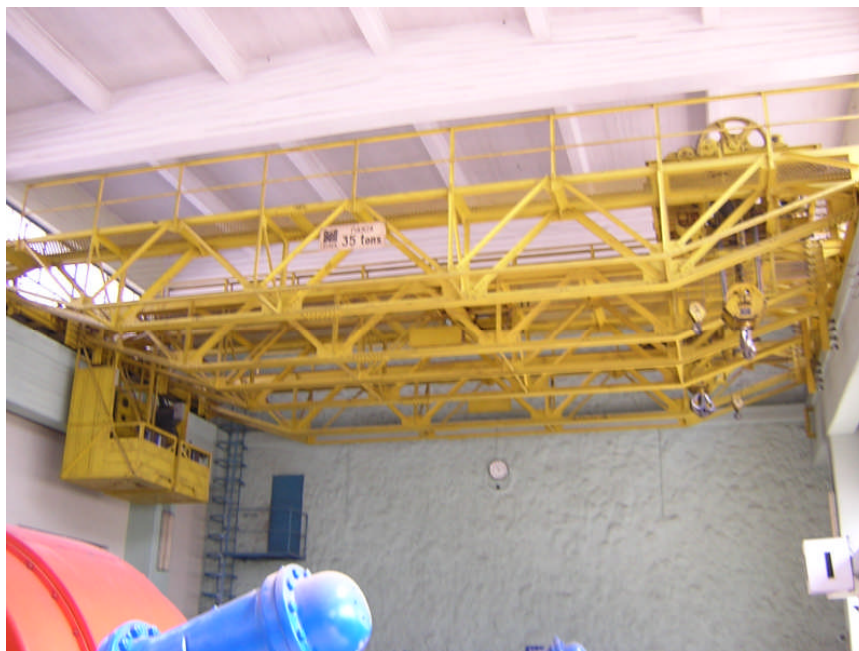


Figura 42

Puente Grúa

Tablero de Control



Figura 43

Tablero de los sistemas de protección



Figura 44



Figura 45

Tableros de señalización y alarma



Figura 46

Patio de llaves



Figura 47



Figura 48

Transformador 10/60KV



Figura 49

Sistema de Barras



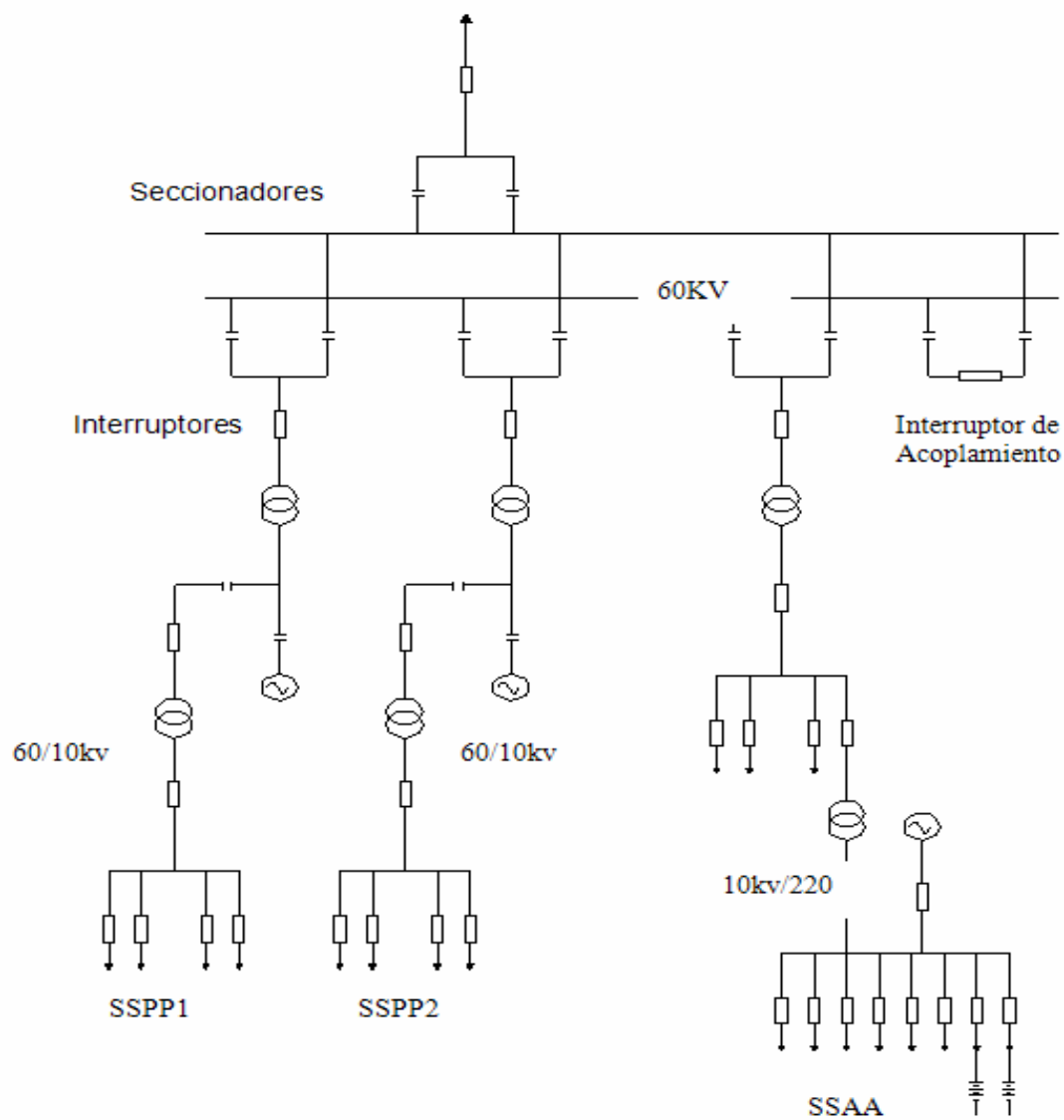
Figura 50

Transformador 60/220KV

Torres de transmisión



Figura 51

DIAGRAMA DE UNIFILAR DE SS.AA. DE LA CENTRAL

CAPÍTULO 3

CONSIDERACIONES AMBIENTALES

1. ASPECTOS FÍSICOS

En este ítem se incluye la caracterización de los componentes físicos geológicos, geomorfológicos, edáficos, climáticos e hidrológicos del ámbito de influencia del proyecto, sobre los cuales se sustentan las obras. A continuación un ejemplo de algunos aspectos físicos:

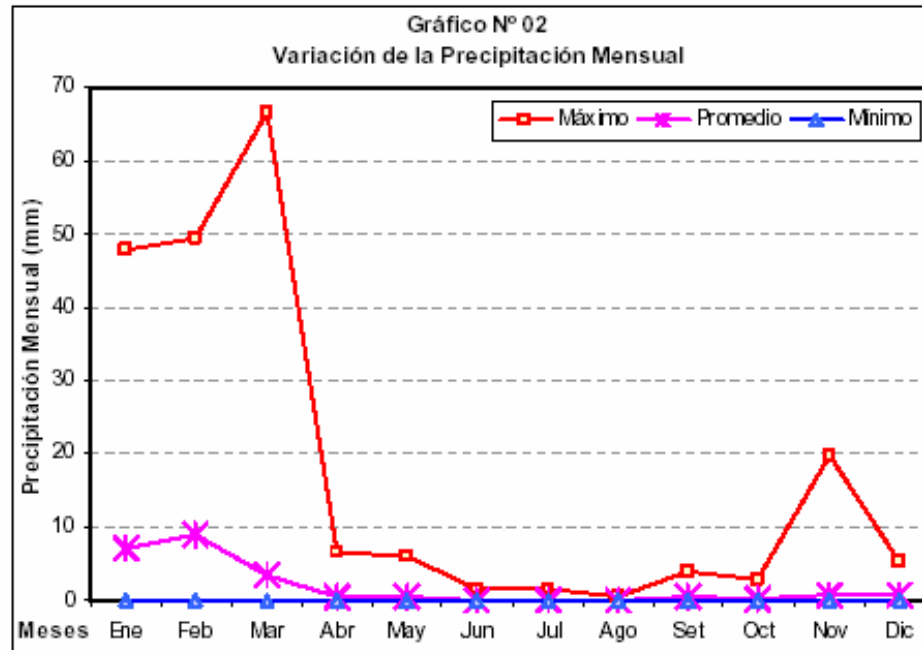
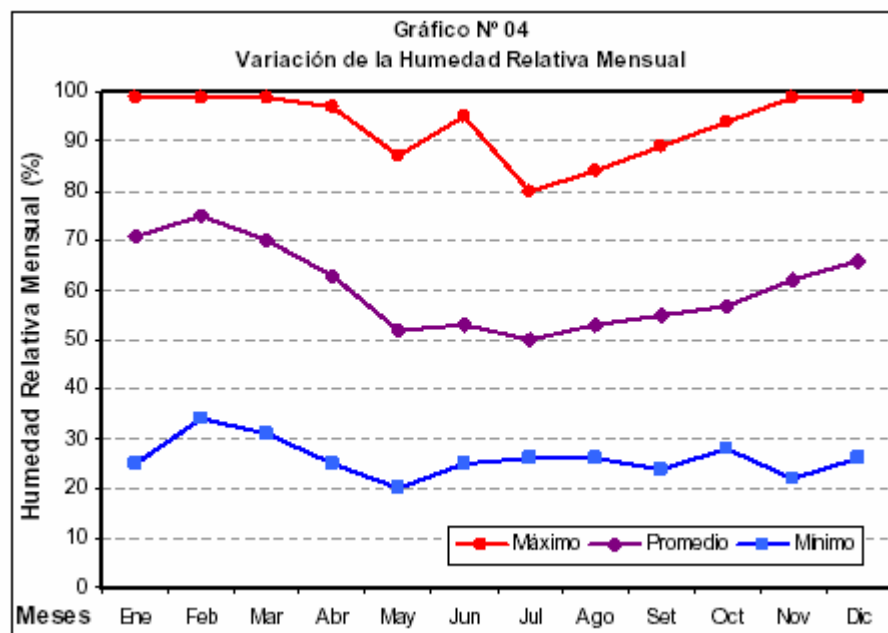
a) Temperatura:

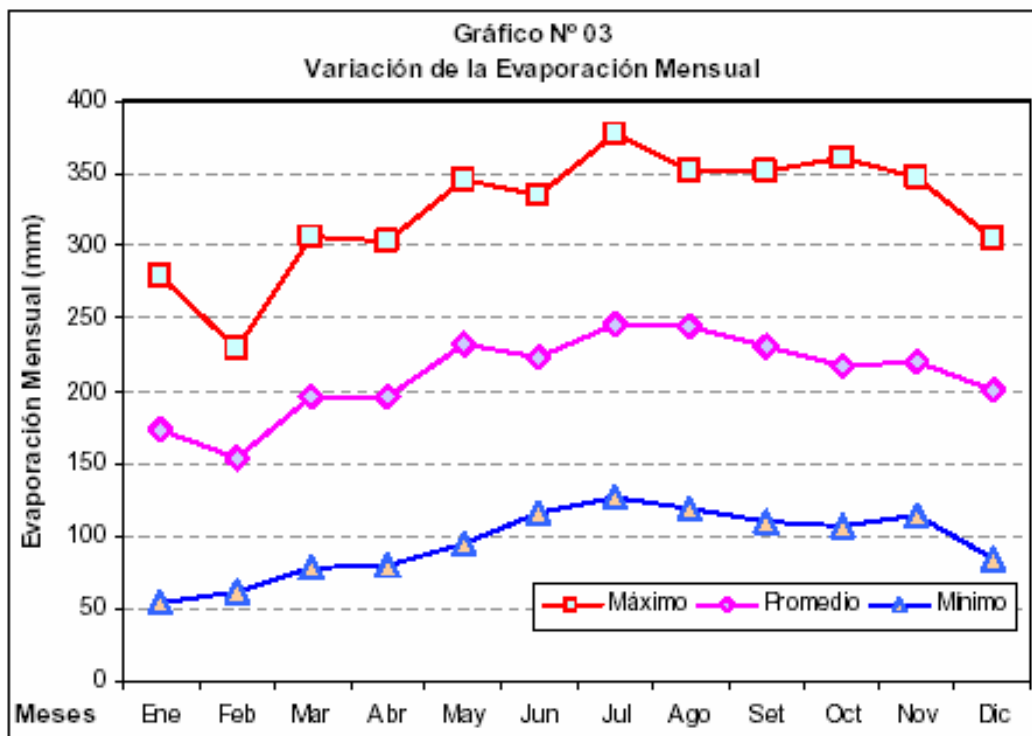
Cuadro N° 03
Variables Meteorológicas en el Ámbito de Estudio

Parámetros		Meses											
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Temperatura (°C)	Máximo	30.5	30.8	32.4	31.4	30.6	30.4	30.4	32.7	32.2	32.0	32.6	32.0
	Promedio	18.0	18.2	18.4	17.9	17.8	17.4	17.1	17.4	18.0	18.1	18.0	18.2
	Mínimo	4.6	5.4	4.0	5.2	4.2	3.6	6.5	5.9	5.3	5.9	4.8	4.4
Precipitación (mm)	Máximo	47.7	49.3	66.5	6.6	6.0	1.6	1.6	0.5	4.0	3.0	19.8	5.4
	Promedio	7.2	9.0	3.5	0.6	0.5	0.1	0.1	0.0	0.4	0.3	0.8	0.7
	Mínimo	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Evaporación (mm)	Máximo	279.9	228.8	306.9	302.9	345.8	335.4	377.2	351.5	351.8	361.1	347.6	304.5
	Promedio	173.2	154.6	196.3	195.7	232.2	223.9	246.4	244.1	230.3	217.2	221.1	200.1
	Mínimo	54.7	61.6	78.3	79.5	95.5	116.9	126.7	119.5	109.8	107.8	114.6	83.9
Humedad Relativa (%)	Máximo	99	99	99	97	87	95	80	84	89	94	99	99
	Promedio	71	75	70	63	52	53	50	53	55	57	62	66
	Mínimo	25	34	31	25	20	25	26	26	24	28	22	26
Presión Atmosférica (mb)	Máximo	842.0	841.8	841.0	841.8	842.2	842.4	842.3	842.6	842.4	842.4	841.6	841.8
	Promedio	840.0	839.8	839.9	839.8	839.9	840.0	839.9	840.0	839.7	839.8	839.6	839.1
	Mínimo	836.8	836.4	836.0	836.3	835.9	836.0	836.2	836.3	836.8	836.7	836.8	836.7
Horas de Sol (Hora)	Máximo	341	300	339	340	356	341	358	353	348	351	341	358
	Promedio	286	263	307	304	312	308	319	323	309	317	309	311
	Mínimo	188	166	263	271	208	282	283	295	275	288	255	244
Nubosidad (octavos)	Promedio	6	6	5	4	3	3	2	3	3	4	4	5

Fuente: - Inventario, Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Costa: Cuenca de los ríos Quilca y Tambo (ONERN, 1974).

- Estudio de Ordenamiento Ambiental de las Provincias Arequipa y Caylloma. Región Arequipa / D&MA S.A. 1993.

a) Precipitaciónb) Humedad Relativa

c) Evaporación

d) Viento

Cuadro N° 04
Dirección, Frecuencia y Velocidad del Viento

Dirección del Viento	Frecuencia y Velocidad del Viento Mensual																									
	Ene		Feb		Mar		Abr		May		Jun		Jul		Ago		Set		Oct		Nov		Dic		Total Anual	
	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V	F	V
Norte (N)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Norte – Este (NE)	-	-	1	5.6	-	-	-	-	2	6.5	-	-	-	-	1	3.7	-	-	-	-	-	-	-	-	4	5.3
Este (E)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Sur – Este (SE)	-	-	1	7.4	-	-	-	-	-	-	-	-	1	5.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2	6.5
Sur (S)	2	5.6	1	3.7	2	5.6	2	4.6	1	5.6	2	6.5	2	6.5	-	-	2	6.5	-	-	-	-	-	-	14	5.6
Sur – Oeste (SW)	5	13.7	5	14.8	6	15.1	4	11.6	5	13.7	7	12.7	7	12.7	6	15.8	6	16.4	7	11.8	8	10.3	7	11.6	73	13.4
Oeste (W)	4	7.9	2	8.4	3	8.0	3	10.5	2	5.5	1	5.6	-	-	3	5.6	2	6.5	2	7.4	2	7.4	3	6.8	27	7.2
Norte – Oeste (NW)	-	-	1	5.6	-	-	2	8.3	1	11.1	1	13.0	1	11.1	1	11.1	1	13.0	2	8.4	1	13.0	1	13.0	12	10.8

F: Frecuencia

V: Velocidad en km/hora.

Fuente: - Inventario, Evaluación y Uso Racional de los Recursos Naturales de la Costa: Cuenca de los ríos Quilca y Tambo (ONERN, 1974).

- Estudio de Ordenamiento Ambiental de las Provincias Arequipa y Caylloma. Región Arequipa / D&MA S.A. 1993.

2. ASPECTOS ASOCIADOS AL USO DEL RECURSO

Para la ejecución de los trabajos, evitar el vertimiento al suelo y a las aguas, de las grasas y aceites teniendo en cuenta todas las normas de seguridad e higiene en cuanto al uso de combustibles, lubricantes, etc.

1) Residuos Sanitarios: La solución al problema de la disposición sanitaria adecuada de las aguas residuales y los desechos sólidos, plantea la necesidad de contratar los servicios de baños y duchas portátiles los que deberán colocarse no solo en el campamento sino también (en el caso de baños) en todos los frentes de trabajo.

2) Ruido: Se debe de tomar precauciones necesarias para proteger la salud de los trabajadores y de la comunidad al utilizar maquinarias con bajos niveles de ruido y proporcionar a los trabajadores equipo apropiado de protección contra ruido. Se deberá de colocar señales en la maquinaria que genera ruido excesivo, indicando la máxima cantidad de decibeles y la necesidad de equipo protector.

3) Polvo: Se deberá tomar medidas necesarias para evitar el polvo innecesario. Cuando sea necesario se cubrirán los materiales amontonados o en tránsito para evitar que se dispersen.

Las principales medidas para evitar la generación de polvo son: Evitar acumulaciones de escombros por periodos prolongados. En lo posible el desmonte

y material excedente proveniente de la obra se recogerá dentro de un tiempo razonable. Establecer un cronograma coordinado de ejecución de la excavación del canal, acopio de desmonte o material de relleno y acarreo de escombros. Proveer al personal obrero de los elementos de seguridad para evitar la captación de contaminantes y polvos en suspensión.

4) Visual: Se deberá respetar el cerco perimetral, éste impedirá la visibilidad de las estructuras. Verificar que los materiales excavados no interrumpen la normal transitabilidad de los trabajadores. Verificar que los materiales para la obra no serán descargados en la medida de lo posible sobre áreas verdes. En caso contrario se deberá restaurar las áreas.

3. PROCESO PRODUCTIVO DE ENERGÍA ELÉCTRICA

Para lograr una adecuada inserción del proyecto se debe minimizar los daños y evitar todo tipo de conflictos sociales y costos innecesarios. Así como lograr una mayor vida útil del proyecto, minimizando los efectos adversos en las comunidades locales y la producción agrícola.

Objetivos del Manejo Ambiental

- 1) Lograr la adecuada inserción del proyecto minimizando los daños y evitando todo tipo de conflictos sociales y costos innecesarios.

- 2) Lograr una mínima afectación a la naturaleza y las comunidades locales, realizando la compensación inmediata si la hubiera.

Durante la Etapa de Construcción

Se tendrá en cuenta los siguientes aspectos

- 1) Conflictos Socioculturales
- 2) Afectación de Tierras Agrícolas
- 3) Perturbación de la Fauna Silvestre
- 4) Modificación del Lecho Fluvial
- 5) Alteración del Paisaje
- 6) Alteración de la Calidad del Aire

Durante la Etapa de Funcionamiento

Los cambios de aceites y grasas se realizarán aplicando estrictamente las guías internacionales y manuales de fábrica, para evitar los derrames. En los patios de operaciones se lavarán con espumantes y se colectarán las aguas para tratarlas en pozos de sedimentación y recuperación de grasas y aceites; los que luego se destinarán para la reutilización aplicando las medidas que se detallan en la Ley General de Residuos. Los aceites y grasas obtenidas del cambio en las turbinas y transformadores; serán colectadas en recipientes sellados para transportarlos a los centros de reutilización aplicando las medidas que se detallan en la Ley General de Residuos.

4. EMISIONES DE LA ATMÓSFERA

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE EMISIONES GASEOSAS Y PARTÍCULAS PROVENIENTES DE MOTORES DE COMBUSTIÓN INTERNA

Límites Máximos Permisibles para Emisiones de Motores a Combustible Sólido,
Líquido o Gas, que generan potencia igual o mayor a 350 Kw

Ubicación	Partículas mg/m ³ a 11% O ₂	NOx			SO ₂ mg/m ³ a 11% O ₂
		g/kw-hr	Ppm a 11% O ₂	mg/m ³ a 11% O ₂	
Zona no urbana con Concentraciones Ambientales de PM, NOx, O ₃ y CO por debajo de los límites Establecidos	200	16.0	1,600	3,000	Si se utiliza Diesel: 700. (o la concentración inicial del Combustible < 0.7 % S en masa) Si se utiliza Bunker o carbón: 1,500. (o la concentración inicial del Combustible < 1.5 % S en masa).
Zona no urbana con Concentraciones ambientales de PM, NOx, O ₃ y CO sobre los límites establecidos o cualquier sitio dentro De 50 km. de una reserva ecológica	100	2.75	275	550	Si se utiliza Diesel: 700. (o la concentración inicial del Combustible < 0.7 % S en masa) Si se utiliza Bunker o carbón: 1,500. (o la concentración inicial del Combustible < 1.5 % S en masa).
Zona urbana	100	2.75	275	550	Si se utiliza Diesel: 700. (o la concentración inicial del Combustible < 0.7 % S en masa) Si se utiliza Bunker o carbón: 1,500. (o la concentración inicial del Combustible < 1.5 % S en masa).

Contaminante	Periodo	Valor µg/m ³	Año de vigencia	Formato	Método de análisis
Dióxido de azufre SO ₂	10 minutos	1 000	2010	Media aritmética	Fluorescencia UV (método automático)
	10 minutos	500	2012		
	24 horas	40	2010		
	24 horas	20	2012		
	Anual	50	2012		

Residuos industriales

Contaminante	Periodo	Valor $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Año de vigencia	Formato	Método de análisis
Cadmio-Cd	Anual	0,05	2010	Media aritmética	Espectrometría de absorción atómica
Bismuto-Bi	Anual	3,8	2010	Media aritmética	Espectrometría de absorción atómica
Talio-Tl	Anual	0,1	2010	Media aritmética	Espectrometría de absorción atómica
Antimonio-Sb	Anual	0,2	2010	Media aritmética	Espectrometría de emisión atómica por plasma inducido
Arsénico-As	Anual	0,006	2010	Media aritmética	Espectrometría de emisión atómica por plasma inducido

Efluentes líquidos

Límites Máximos Permisibles para Emisiones de Calderos y Turbinas a Gas a Combustible Sólido, Líquido o Gas, que Generan potencia igual o mayor a 1.0 Mw

Combustible	Partículas (mg/m^3 a 11% O_2)	NO_x (mg/m^3 a 11% O_2)	SO_2 (mg/m^3 a 11% O_2)
Gas	100	200	700 o Combustible: <0.7 % S en masa
Líquido o Sólido	100 Opacidad <20 %	275	700 o Combustible líquido < 0.7 % S en masa Combustible sólido < 1.5 % S en masa

Nota: El límite de opacidad no se aplica durante los primeros 30 minutos de arranque y apagado de la fuente.

Residuos sólidos

Contaminante	Periodo	Valor $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Año de vigencia	Formato	Método de análisis
Compuestos Orgánicos Volátiles-COV expresado como Benceno	Anual	4	2010	Media aritmética	Cromatografía de gases
		2	2012		
		0	2015		
Hidrocarburos Totales-HT expresado como Hexano	30 minutos	250	2010	Media aritmética	Ionización de la llama de hidrógeno
	24 horas	100			
Material Particulado con diámetro menor a 2,5 micras-PM _{2,5}	24 horas	50	2010	Media aritmética	Separación inercial filtración (gravimetría)
	24 horas	25	2012		
	Anual	10	2012		

5. RUIDOS RADIACIONES ELECTROMAGNETICAS

RUIDO: Estándares nacionales de la calidad del ruido

Zonas de Aplicación	Valores Expresados en laeqt (dB)	
	Horario Diurno (De 7:01 a 22:00 hrs.)	Horario Diurno (De 22:00 a 7:00 hrs.)
Zona de protección especial.	50	40
Zona residencial.	60	50
Zona comercial.	70	60
Zona industrial.	80	70

RADIACIONES ELECTROMAGNETICAS: Estándares Nacionales de calidad ambiental para radiaciones no ionizantes.

Rango de Frecuencia	Intensidad de Campo Eléctrico (E) (V/m)	Intensidad de Campo Magnético (H) (A/m)	Densidad de Flujo Magnético (B) (μT)	Densidad de Potencia (Seg) (W/m^2)	Principales aplicaciones (no restrictiva)
Hasta 1 Hz	--	$3,2 \times 10^4$	4×10^4	--	Lineas de energía para trenes eléctricos resonancia magnética.
1 – 8 10Hz	10 000	$3,2 \times 10^4 / f^2$	$4 \times 10^4 / f^2$	--	
8 – 25 Hz	10 000	$4 000 / f$	$5 000 / f$	--	Lineas de energía para trenes eléctricos
0,025 – 0,6 kHz	$250 / f$	$4 / f$	$5 / f$	--	Redes de energía eléctrica, líneas para trenes, monitores de video.
0,8 – 3 kHz	$250 / f$	5	6,25	--	Monitores de video
3 – 150 kHz	87	5	6,25	--	Monitores de video
0,15 – 1 MHz	87	$0,73 / f$	$0,92 / f$	--	Radio AM
1 – 10 MHz	$87 / 0,5^f$	$0,73 / f$	$0,92 / f$	--	Radio AM, diatermia
10 – 400 MHz	28	0,073	0,092	2	Radio FM, TV VHF, sistemas móviles y de radionavegación aeronáutica, teléfonos inalámbricos, resonancia magnética, diatermia
400 – 2000 MHz	$1,375 f^{05}$	$0,0037 f^{05}$	$0,0046 f^{05}$	$F / 200$	TV UHF, telefonía móvil celular servicio troncalizado, servicio móvil satelital, teléfonos inalámbricos, sistemas de comunicación personal.
2 – 300 GHz	61	0,16	0,20	10	Redes de telefonía inalámbrica, comunicaciones por microondas y vía satélite, radares, hornos microondas.

Fuente: Estándares nacional de calidad ambiental para radiaciones no ionizantes D.S. Nº 010 – 2005 – PCM.

1. f está en la frecuencia que se indica en la columna Rango de Frecuencias.
2. Para frecuencias entre 100 kHz y 10 GHz, seg. E2, H2 y B2 deben ser promediados sobre cualquier periodo de 6 minutos.
3. Para frecuencias por encima de 10 GHz, seg. E2, H2 y B2, deben ser promediados sobre cualquier periodo de $68/f$ 1,05

CAPÍTULO 4
MÉTODOS Y EQUIPOS USADOS EN EL REGISTRO Y ANÁLISIS DE LOS
PARÁMETROS AMBIENTALES

1. MONITOREOS

Monitoreo de Emisiones Gaseosas

El monitoreo de emisiones se realizará de forma continua en la chimenea para el parámetro NOx. Adicionalmente, se realizará el muestreo de CO y NOx en la chimenea en forma manual con una frecuencia semestral para el primer año. Luego de confirmado el cumplimiento de los parámetros de medición, el muestreo se realizará de forma anual.

Parámetro	Frecuencia	Método de Medición
NOx	Continuo	Quimiluminiscencia / electroquímico

Fuente: Walsh Perú S.A

Monitoreo de Calidad del Aire

Sobre la base de los resultados del modelo de dispersión, se ha establecido la medición de la concentración ambiental de NOx.

Parámetro	Frecuencia	Tiempo de Muestreo	Método de Medición	Lugar propuesto (UTM WGS 84)
Óxidos de Nitrógeno (NOx)	Semestral	Medición horaria por 24 horas continuas	Quemiluminiscencia	312887 E 8 616073 N

Fuente: Walsh Perú S.A

Monitoreo de Ruido

El monitoreo de ruido se realizará con una frecuencia semestral. Los Límites Máximos Permisibles para Ruido Ambiental están determinados por el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido (ECA) aprobado mediante Decreto Supremo No. 085-2003-PCM del 30 de Octubre del 2003.

Parámetro	Frecuencia	Tiempo de Muestreo	Método de Medición	Lugar propuesto (UTM WGS 84)
Ruido Ambiental	Semestral	Medición de 15 minutos continuos durante el día y la noche, incluyendo periodo punta de demanda	Sonómetro Clase II o mejor	313636 (E), 8615378 (N)
				313668 (E), 8614694 (N)
				313065 (E), 8615521 (N)
				313763 (E), 8616203 (N)

Fuente: Walsh Perú S.A

El método para determinar intensidad de ruidos es el siguiente:

Parámetro	Método	Equipo	Marca	Rango
Intensidad de ruido	Instrumental	Sonómetro	Simpson	0-140 dBA

C.H. CALLAHUANCA

INTENSIDAD DE RUIDO EN DBA

Ubicación	Turbina	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Norte	G – 1	97	96	97	96	90	86	88	87	90
	G – 2	96	97	96	97	96	90	92	91	93
	G – 3	96	95	96	97	95	90	91	90	92
	G – 4	95	94	93	94	91	88	87	89	92
Sur	G – 1	94	95	94	94	88	86	88	87	91
	G – 2	92	94	94	95	92	92	91	90	90
	G – 3	91	92	93	93	91	91	93	94	92
	G – 4	92	93	93	94	90	87	89	90	92
Este	G – 1	92	94	96	95	91	88	88	89	91
	G – 2	93	94	95	94	94	92	91	91	90
	G – 3	91	94	94	95	93	92	90	91	92
	G – 4	92	95	95	94	93	92	90	90	89
Oeste	G – 1	93	95	95	95	88	92	90	91	92
	G – 2	96	97	97	97	97	90	92	90	93
	G – 3	95	96	97	97	95	90	93	92	94
	G – 4	93	94	94	94	92	68	89	91	92
A 15 m		69	70	72	71	70	75	74	72	70

C.H. MATUCANA
INTENSIDAD DE RUIDO EN DBA

Ubicación	Turbina	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Norte	G - 1	93	94	95	94	90	87	89	90	91
	G - 2	92	93	94	93	90	89	87	90	92
Sur	G - 1	91	93	94	94	91	88	90	91	88
	G - 2	90	93	93	93	90	86	88	89	90
Este	G - 1	92	94	94	94	89	87	88	89	92
	G - 2	91	93	93	93	90	90	89	90	91
Oeste	G - 1	90	93	94	94	90	88	89	92	91
	G - 2	92	92	92	92	88	85	87	90	92
A 15 m		68	70	72	71	70	74	72	74	72

C.H. Moyopampa
Intensidad de ruido en

Ubicación	Turbina	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Norte	G - 1	94	96	95	98	94	93	95	93	92
	G - 2	93	94	94	97	96	91	94	92	93
	G - 3	94	95	93	96	95	92	95	92	91
Sur	G - 1	93	96	95	98	95	92	94	95	90
	G - 2	92	94	94	99	97	94	95	93	94
	G - 3	94	92	95	97	95	92	93	92	95
Este	G - 1	93	95	95	95	96	94	95	94	92
	G - 2	92	93	94	99	96	92	96	95	93
	G - 3	92	95	94	92	96	94	95	94	94
Oeste	G - 1	95	97	96	96	98	96	96	95	95
	G - 2	93	94	94	95	97	96	96	95	92
	G - 3	92	94	95	95	95	96	96	94	92
A 15 m		65	70	72	70	72	73	75	74	70

C.H. HUAMPANÍ
INTENSIDAD DE RUIDO EN DBA

Ubicación	Turbina	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Norte	G - 1	96	98	98	99	95	90	92	91	92
	G - 2	94	94	94	95	95	90	91	90	92
Sur	G - 1	95	98	98	99	95	92	92	90	94
	G - 2	93	94	94	95	95	92	90	92	95
Este	G - 1	92	93	93	94	92	92	90	91	93
	G - 2	90	93	93	94	91	92	90	92	91
Oeste	G - 1	91	98	95	95	93	90	90	89	89
	G - 2	94	95	95	95	93	90	91	90	90
A 15 m		67	70	72	73	70	72	72	74	70

C.H. HUINCO
INTENSIDAD DE RUIDO EN DBA

Ubicación	Turbina	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Norte	G - 1	98	100	98	97	93	96	97	95	99
	G - 2	98	96	95	99	95	94	97	96	97
	G - 3	96	99	98	98	90	92	94	92	95
	G - 4	96	98	98	99	97	94	96	95	96
Sur	G - 1	98	101	98	97	90	93	93	95	96
	G - 2	96	94	95	98	92	92	93	92	93
	G - 3	98	99	98	99	91	95	96	97	99
	G - 4	98	100	98	99	97	91	93	92	96
Este	G - 1	95	96	96	97	91	93	93	92	95
	G - 2	95	92	94	96	92	93	93	95	94
	G - 3	93	95	94	94	92	93	92	93	92
	G - 4	94	95	95	95	93	91	93	90	93
Oeste	G - 1	92	94	94	95	90	90	93	92	96
	G - 2	92	95	93	94	95	92	94	92	92
	G - 3	94	95	94	94	92	92	94	92	94
	G - 4	93	95	95	95	94	94	94	91	93
A 15 m		71	72	75	73	80	82	77	75	78

Monitoreo de Campos Electromagnéticos

Se realizará el monitoreo de campos electromagnéticos de conformidad con lo Indicado en el Reglamento de Estándares de Calidad Ambiental para Radiaciones no Ionizantes, aprobado mediante D.S N° 010-2005-PCM.

Actividad	Tiempo Requerido	Autoridad Competente	Información Necesaria
Generación de energía eléctrica	Datos semestrales (6 meses)	Ministerio de Energía y Minas	15 ZARES por cada Estación Termoeléctrica (*)

Monitoreo de afluentes líquidos

A pesar de las instalaciones de depuración, mejora de procesos, etc, hay q contar con que las aguas utilizadas en la actividad hidráulica, arrastran consigo elementos contaminantes, siendo interesante conocer, cuales son las concentraciones finales en los puntos (emisor y receptor) en que va a utilizarse el agua y, en general, las zonas afectadas, para evaluar los efectos sobre los organismos vivos. Los parámetros de monitoreo en aguas superficiales son los siguientes:

Componentes Químicos FQ	Físicos	Biológicos
Oxígeno disuelto	Color	Peces
Fosfatos	Turbidez	Microinvertebrados en el bentos
Serie nitrogenada	Temperatura del agua	Fitoplancton
Alcalinidad	Velocidad de corriente	Zooplancton
Sílice	Profundidad	Macrofitas
PH	Composición del sedimento	Algas
Conductividad específica		Bacterias
Sólidos (Tot. Dis Susp. Tot)		
Materia orgánica y demanda de OD.		
Metales pesados		

El método para análisis de efluentes líquidos es el siguiente:

Parámetro	Método	Equipo	Marca	Rango
Temperatura	Instrumental	Termómetro	Fisher	-20-50 °C
PH	Instrumental	Potenciómetro	Cole-Parmer	0-14
Oxígeno disuelto	Calorimétrico	Minilab	Hach	0.2-20mg-l
Color	Nefelométrico	Fotómetro	Merck	5-150 UC
Turbidez	Turbimétrico	Turbidímetro	Cole-Parmer	0-200 NTU
Total sólidos disueltos	Gravimétrico	Balanza analítica	Ohaus	0.0001-310 g
Conductividad eléctrica	Instrumental	Conductímetro	Cole-Parmer	0-19.9 mS

C.H. Huampaní
Características del Cuerpo Receptor

PARAMETROS	Turbina	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Límite Permissible
STD (ppm)	Entrada	600	550	520	500	360	340	350	360	400	*
	Salida	620	570	530	500	360	320	360	370	430	
Oxígeno (mg/L)	Entrada	7,0	7,2	7,4	7,8	7,5	7,9	7,8	7,7	7,5	□3
	Salida	6,9	7,1	7	7,6	7,3	7,3	7,5	7,5	7,3	
Conductividad (Omho/cm)	Entrada	600	550	620	600	550	530	550	580	600	*
	Salida	610	580	600	660	570	580	560	590	620	
Turbidez (UNT)	Entrada	2,5	2,5	0,7	1,8	1	2,8	2,1	4	5,1	*
	Salida	3,1	3,8	0,9	3,1	1	3,3	2,3	5	5,9	
Color (UNT)	Entrada	10,0	10	10	9,5	8,7	8,2	9	10	9,5	□20.0
	Salida	11,2	12	10	10,5	9,5	10,9	11,1	11	11	
PH	Entrada	8,3	7,8	8	8	7,2	6,9	6,9	6,9	7,1	5 - 9
	Salida	8,0	7,6	8	7,7	6,9	6,3	6,8	6,9	6,9	
Temperatura (°C)	Entrada	16	17	18	15	15	15	16	15	15	*
	Salida	16	16	18	15	15	15	15	15	15	

Nota: Límites permisibles según Ley General de Aguas para aguas clase III. No indicada en la referida Ley.

C.H. MOYOPAMPA
CARACTERÍSTICAS DE EFLUENTES LÍQUIDOS

PARAMETROS	Turbina	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	No v	Dic	Límite Permisibl e
STD (ppm)	Entrada	650	630	600	500	460	360	340	380	370	*
	Salida	670	650	600	500	500	430	450	430	420	
Oxígeno (mg/L)	Entrada	7,0	7,5	8	8	8,1	8	8,2	8	8,1	□3
	Salida	6,8	7	8	7,8	7,9	7,9	8	7,8	7,8	
Conductividad (Omho/cm)	Entrada	760	750	720	670	560	560	520	620	610	*
	Salida	780	750	700	740	610	660	590	680	660	
Turbidez (UNT)	Entrada	2,8	2,5	0,6	1,2	0,8	2,8	2	3	2,8	*
	Salida	3	2,5	1,1	1,8	1,2	4,6	3,6	4,7	4	
Color (UNT)	Entrada	20,0	20	10	12,8	11,1	10,8	11,2	10	9,8	□20.0
	Salida	20	20	10	13,1	10,1	11,3	11,7	11	10,5	
PH	Entrada	8,4	8,1	8,3	7,9	7,2	7,6	7,9	7,8	7,7	5 - 9
	Salida	8,2	7,9	8,1	7,8	7,1	7,4	7,7	7,7	7,5	
Temperatura (°C)	Entrada	16	15	16	13	13	15	15	15	15	*
	Salida	16	15	15	13	13	14	14	14	15	

Nota: Límites permisibles según Ley General de Aguas para aguas clase III. No indicada en la referida Ley.

C.H. MOYOPAMPA
CARACTERÍSTICAS DE EFLUENTES LÍQUIDOS

PARAMETROS	Turbina	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	No v	Di c	Límite Permisibl e
STD (ppm)	Entrada	650	630	600	500	460	360	340	380	370	*
	Salida	670	650	600	500	500	430	450	430	420	
Oxígeno (mg/L)	Entrada	7,0	7,5	8	8	8,1	8	8,2	8	8,1	□3
	Salida	6,8	7	8	7,8	7,9	7,9	8	7,8	7,8	
Conductividad (Omho/cm)	Entrada	760	750	720	670	560	560	520	620	610	*
	Salida	780	750	700	740	610	660	590	680	660	
Turbidez (UNT)	Entrada	2,8	2,5	0,6	1,2	0,8	2,8	2	3	2,8	*
	Salida	3	2,5	1,1	1,8	1,2	4,6	3,6	4,7	4	
Color (UNT)	Entrada	20,0	20	10	12,8	11,1	10,8	11,2	10	9,8	□20.0
	Salida	20	20	10	13,1	10,1	11,3	11,7	11	10,5	
PH	Entrada	8,4	8,1	8,3	7,9	7,2	7,6	7,9	7,8	7,7	5 - 9
	Salida	8,2	7,9	8,1	7,8	7,1	7,4	7,7	7,7	7,5	
Temperatura (°C)	Entrada	16	15	16	13	13	15	15	15	15	*
	Salida	16	15	15	13	13	14	14	14	15	

Nota: Límites permisibles según Ley General de Aguas para aguas clase III. No indicada en la referida Ley.

C.H. CALLAHUANCA
CARACTERÍSTICAS DE EFLUENTES LÍQUIDOS

PARAMETROS	Turbina	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Límite Permisible
STD (ppm)	Entrada	400	340	300	280	200	220	210	240	280	*
	Salida	420	380	360	300	260	240	250	260	290	
Oxígeno (mg/L)	Entrada	7,0	7,8	8	8	7,6	7,8	8,3	8,1	8	□3
	Salida	6,8	8	7,8	9	7,5	7,3	7,9	7,8	7,6	
Conductividad (Omho/cm)	Entrada	420	400	400	310	290	330	310	320	330	*
	Salida	440	430	420	340	320	340	340	350	370	
Turbidez (UNT)	Entrada	11	10	1,4	2	1,4	1,7	0,7	3	4	*
	Salida	12	15	0,6	2,8	2,8	1,9	0,9	4	5,1	
Color (UNT)	Entrada	10,0	15	5	8	9,8	9,5	8,3	8	9	□20.0
	Salida	10	20	10	10	10,2	10,5	9	9	9,8	
PH	Entrada	7,8	7,9	8,1	9	6,8	6,9	6,7	6,8	6,9	5 - 9
	Salida	7,4	7,8	8	8,9	6,7	6,5	6,6	6,6	6,7	
Temperatura (°C)	Entrada	14	13	14	13	13	13	12	12	13	*
	Salida	13	13	13	13	12	13	12	12	13	

C.H. HUINCO
CARACTERÍSTICAS DE EFLUENTES LÍQUIDOS

PARAMETROS	Turbina	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Límite Permisible
STD (ppm)	Entrada	300	280	270	270	200	230	190	200	220	*
	Salida	330	310	300	300	200	250	210	220	250	
Oxígeno (mg/L)	Entrada	7,0	7	7,2	7,4	7,5	8,4	8,1	8,1	8	□3
	Salida	6,8	6,9	7	7,1	7,6	8,1	8,3	8,1	7,9	
Conductividad (□mho/cm)	Entrada	380	340	300	320	310	320	300	320	340	*
	Salida	420	360	320	350	330	340	310	330	380	
Turbidez (UNT)	Entrada	4,8	3	1,9	1,2	0,8	1,7	0,7	4	5	*
	Salida	6,1	4	2,7	2,2	1,4	1,9	1,1	4,5	5,8	
Color (UNT)	Entrada	15,3	12	10,8	10,2	9,2	8,1	7,6	8	9	□20.0
	Salida	18,1	13,1	11,2	11,3	9,8	10,5	8,3	8,4	9,8	
PH	Entrada	7,9	7,7	8,2	7,9	6,9	6,4	6,8	6,8	6,9	5 - 9
	Salida	7,6	7,9	8,1	7,4	6,8	6,4	6,7	6,6	6,6	
Temperatura (°C)	Entrada	12	10	12	11	11	11	10	9	10	*
	Salida	11	10	11	11	10	10	9	9	10	

C.H. MATUCANA
CARACTERÍSTICAS DE EFLUENTES LÍQUIDOS

PARAMETROS	Turbina	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Límite Permissible
STD (ppm)	Entrada	520	530	500	480	500	460	450	460	450	*
	Salida	540	550	520	500	500	460	450	470	470	
Oxígeno (mg/L)	Entrada	7,9	7,8	7,8	8	8,3	8,2	8,4	8,2	8,1	□3
	Salida	7,7	7,7	7,7	7,9	8,1	8,1	8,2	8	7,9	
Conductividad (□mho/cm)	Entrada	700	670	660	620	610	760	790	780	760	*
	Salida	730	690	680	650	610	810	800	800	790	
Turbidez (UNT)	Entrada	2	1,8	1,4	1,9	0,7	2,4	1,4	3	3,5	*
	Salida	2,5	2	1	2,1	0,8	1,5	2	4	5,2	
Color (UNT)	Entrada	12,0	10	5	8,3	12	12,8	10	10	8,9	□20.0
	Salida	13	10	5	8,9	11,1	10,8	11,2	11	9,9	
PH	Entrada	8,7	8,2	9,3	8,9	7,3	7,9	7,9	7,8	7,9	5 - 9
	Salida	8,7	7,8	9,3	8,7	7,2	7,5	7,9	7,7	7,7	
Temperatura (°C)	Entrada	14	13	16	17	16	15	16	15	15	*
	Salida	13	13	16	16	15	15	16	15	15	

Nota: Límites permisibles según Ley General de Aguas para aguas clase III. No indicada en la referida Ley.

2. NORMATIVIDAD NACIONAL E INTERNACIONAL

- Ley general del ambiente (Ley 28611),
- Código del medio ambiente y los recursos naturales (D.L.613 del 08 set 1990),
- Decreto ley N° 17752. Ley General de Aguas. (24/07/1969).
- Ley N° 26834. Ley de Áreas Naturales Protegidas. (04/07/97)
- Decreto Supremo N° 029-9447. Reglamento para la Protección Ambiental en las Actividades Eléctricas

3. TECNOLOGÍA APLICADA

A) Monitoreo de Calidad del Aire y de Emisiones Gaseosas

Indicadores: Implementará un programa de muestreo del aire ambiental en el entorno de la planta y otros lugares de interés.

Instalar una estación estándar de monitoreo meteorológico de 10 metros en el lugar de la planta para registrar permanentemente la temperatura, humedad, lluvia y dirección del viento. Los resultados del muestreo de las estaciones de monitoreo ambiental y de la estación de monitoreo meteorológica se utilizarán en el modelo de las emisiones de la planta. Los lugares de muestreo serán definidos usando los datos del modelo de calidad del aire.

B) Plan de Monitoreo Hidrológico y de Calidad del Agua

Indicadores: Las estaciones hidrológicas, meteorológicas y de calidad del agua se describen a continuación:

Estaciones Meteorológicas: Las estaciones meteorológicas se habilitarán en el sector de presas de las centrales donde se consideran necesarias, las cuales deben de medir: Velocidad y dirección del viento, Temperatura, Radiación solar, Humedad relativa y Precipitaciones. Un ejemplo es el método para registro de parámetros meteorológicos:

Parámetro	Método	Equipo	Marca	Rango
Temperatura	Instrumental	Temperatura	Fisher	-10-60 °C
Humedad relativa	Instrumental	Higrómetro	Cole Pamer	0-100 %
Velocidad de viento	Instrumental	Anemómetro	Sper Scientific	0-50 m/s

Estaciones Hidrológicas (Monitoreo de Caudales): Deberá tener instaladas válvulas de medición de caudal en las presas con el propósito de medir el caudal ecológico. También se debe de instalar estaciones de medición en el río para medir los caudales del río durante la operación de la central hidroeléctrica.

Los resultados del programa de monitoreo hidrológico serán entregados trimestralmente a la autoridad competente.

Estaciones de monitoreo de aguas fluviales: La calidad del agua en lagos, embalses, ríos y cursos receptores es esencial durante la construcción para asegurar que los impactos de las obras de construcción de las centrales sean mínimos. Durante la construcción, el plan de control de erosión y sedimentación incluye planes de monitoreo para asegurar que los contratistas minimicen la erosión y la sedimentación durante la etapa de construcción de las obras.

Durante la operación, el principal impacto potencial es la variación en el contenido de sólidos suspendidos y disueltos, y la evolución de la calidad del agua en el río, que posiblemente sea el cuerpo de agua que recibirá las descargas de las aguas servidas y de lagunas de sedimentación provenientes de plantas reductoras.

C) Monitoreo de Efluentes Líquidos

Las descargas efluentes están sujetas a regulaciones gubernamentales. Asegurar que estas normas sean cumplidas representa un elemento crucial del plan de manejo ambiental. A manera de ejemplo de un trabajo de investigación:

Parámetro	Método	Norma de referencia EPA	Norma de referencia APHA
Temperatura	Instrumental- Termómetro	170.1	
pH	Instrumental- pHmetro	150.1	4500B
SSt	Gravímetro	160.2	2540D
Aceites y Grasas	Gravímetro	413.1	5520B

D) Monitoreo de Aguas Subterráneas

El proyecto contemplará el diseño de un relleno industrial y doméstico en el sitio en donde se localizará la planta, que satisfaga todos los requerimientos regulatorios. Como precaución, se instalará un sistema de monitoreo de aguas subterráneas de modo de asegurar que la operación del relleno se verifique conforme a diseño.

Indicadores:

El plan de monitoreo considerará el control periódico del nivel piezométrico de los pozos y la calidad de sus aguas. Los puntos de monitoreo, parámetros y frecuencia de muestreo se señalan en la Tabla 3.

Tabla 3 Estaciones de Monitoreo, Parámetros y Frecuencia

Parámetros	Frecuencia muestreo	Parámetros	Frecuencia muestreo
Nivel piezométrico	Trimestral	Fierro	Trimestral
Aluminio		Níquel	
Amoníaco		Cromo	
Fluoruros		Manganeso	
Sulfatos		Arsénico	
DQO		Mercurio	
DBO		Plomo	
Nitritos y nitratos		Cadmio	
Nitrógeno total Kjeldal		pH	

Los resultados de este programa de monitoreo serán entregados trimestralmente a la autoridad competente.

E) Monitoreo del Plan de Control de Erosión

La erosión y la sedimentación durante la etapa de construcción son impactos que deben ser mitigados. Para minimizar los impactos, se implementará un plan de monitoreo y control de erosión durante la construcción de las obras mayores.

F) Monitoreo de Vegetación y Flora

Estrategias de control: Se propone desarrollar un programa de seguimiento focalizado en los eventuales impactos provocados por la operación, puesto que otros componentes de este proyecto difícilmente afectarán estos recursos o bien lo harán sólo durante la etapa de construcción (centrales hidroeléctricas, líneas de transmisión y caminos).

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LAS MEDICIONES

Evaluación del Impacto Actual

A continuación se indica la gravedad de los impactos, definida por las categorías siguientes:

Definición de la Gravedad de Impactos Ambientales

Grado de Gravedad	Descripción
1	Leve
2	Moderado
3	Grave
4	Muy Grave
5	Catastrófico

Nivel 1 – Leve

Impacto que no afecta el ecosistema y su acción de control es de inmediato; su solución origina poco desembolso.

Nivel 2 – Moderado

Impacto que afecta el ecosistema, debido a condiciones y/o acciones inseguras operacionales; su acción de control requiere poco tiempo y los desembolsos son menores.

Nivel 3 – Grave

Impacto que afecta al ecosistema y representa riesgos operacionales con consecuencias negativas a la continuidad de las operaciones; su acción de control requiere tiempo y desembolsos importantes.

Nivel 4 – Muy Grave

Impacto que afecta al ecosistema y su radio de influencia, debido a daños de controles, equipos y/o sistemas operacionales, esta en capacidad de causar efectos irreparables; su acción requiere tiempo (6 meses a 1 año) e inversiones mayores.

Nivel 5 – Catastrófico

Pérdidas de vidas humanas, destrucción del ecosistema y daño severo en su radio de influencia, destrucción de instalaciones. Incluye pérdidas de imagen de la Empresa.

A fin de ilustración se muestran los diferentes impactos que se obtuvieron en el Programa de Monitoreo de las Centrales Hidroeléctricas de EDEGEL y sus embalses principales.

1. Marcapomacocha

El canal de agua de la Laguna Marcapomacocha que alimenta el túnel transandino, en algunos puntos carece de protección lo que puede significar un riesgo para ganado que eventualmente transita por esas zonas.

El campamento que fue utilizado por EDEGEL, en Milloc, se encuentra abandonado, consecuentemente, hay materiales de largo proceso de degradación diseminados por el entorno de dichas instalaciones.

2. Represa de Yuracmayo

La comunidad de Yuracmayo poseía un manantial del cual se abastecía de agua potable; en la actualidad dicho manantial forma parte de la represa y ha sido cubierto por el agua almacenada. En compensación, la Empresa ha construido un pozo para dicho abastecimiento.

EDEGEL; en compensación, por ocupar tierras de la comunidad, ha efectuado labores en pro de la comunidad tales como construcción del cementerio, ampliación del colegio mejoramiento de la plaza, etc.

3. Toma de Agua de Sheque

La basura proveniente del medio externo, que se recoge en las rejillas de la toma de Sheque es arrojada nuevamente al río. Se va a implementar un microrelleno sanitario para tal fin.

Impactos del Ambiente a las instalaciones de EDEGEL S.A.

Basura del medio externo en el agua de captación.

Contaminación de las aguas de los ríos Sacsá y Canchis con remanentes de relaves de compañías mineras.

4. Central Hidroeléctrica de Matucana

Las aguas provenientes de los servicios higiénicos son derivadas también al río, sin previo tratamiento, en una cantidad aproximada de 60 litros por semana. Se tiene proyectado la instalación de un sistema de tratamiento de aguas residuales.

En la toma de Tamboraque, el manejo de desechos o basura es deficiente, la basura del medio externo que se atrapa en los rastrillos se confina allí mismo en una cantidad aproximada de 200 kg/mes. Se va a contratar un camión recolector para que traslade todos los desechos al relleno sanitario del lugar.

Los residuos de aceites y lubricantes que en pocas cantidades se vierten a los sistemas del drenaje, y eventualmente hacia el agua turbinada, están siendo controladas cada vez en base a una campaña de capacitación a los técnicos y personal de **EDEGEL**.

Existen áreas reforestadas con eucaliptos y cipreses, lo cual constituye un impacto positivo para la estabilidad de taludes y evitar la erosión.

Impactos del Ambiente a las Instalaciones de EDEGEL S.A.

El agua de captación en Tamboraque, está contaminada con relaves de minas provenientes probablemente de las Minas Casapalca y otras. Estas aguas de color gris oscuro, con evidente presencia de metales pesados y otras sustancias que

además de dañar la infraestructura física de la hidroeléctrica, contamina las aguas del río Santa Eulalia.

5. Central Hidroeléctrica de Huinco

Aceites usados en lubricación que ya no sirven, son usados en la carretera, cerca del pueblo, para afirmar el polvo.

Los desagües de servicios higiénicos se evacúan a un pozo séptico el cual está en proceso de revisión y mantenimiento.

La basura de la Población es arrojada en las riberas del río, cerca de las instalaciones del campamento del personal de EDEGEL, la cual es incinerada al aire libre. Se tiene proyectado la construcción de un microrelleno sanitario en la zona.

Los Aceites quemados y los que ya no se utilizan, se vierten a cilindros los cuales son llevados al almacén de recuperos de Santa Ana; se instruirá al personal de dicha dependencia y en general al personal técnico de la Empresa, acerca de las técnicas de manipulación de dichos elementos.

Impacto del Ambiente a las Instalaciones de EDEGEL S.A.

La basura que la población arroja al río afecta sus instalaciones.

6. Central Hidroeléctrica de Callahuanca

Los desagües domésticos de 30 familias del campamento de la central descargan directamente al río Santa Eulalia en una cantidad aproximada de 240 l/día.

El crematorio la basura es deficiente, siendo solamente un acumulador de basura industrial y doméstica, se tiene planificado el mejoramiento de este sistema.

Existen algunas áreas reforestadas con eucaliptos, lo que constituye un impacto positivo.

7. Central Hidroeléctrica de Moyopampa

Los aceites de lubricación usados (aproximada de 210 l/año) cuyo cambio se realiza cada dos años, es utilizado para compactar la tierra de las carreteras.

Impacto del Ambiente a las instalaciones de EDEGEL

Contaminación del agua del río con basura de la comunidad.

8. Central Hidroeléctrica de Huampaní

Los aceites quemados y los que ya han sido utilizados se vierten a cilindros, los cuales son llevados al almacén de recuperos de Santa Ana; se instruirá al personal de dicha dependencia y en general al personal técnico de la empresa, acerca de las técnicas de manipulación de dichos elementos.

Impacto del Ambiente de las instalaciones de EDEGEL S.A.

Contaminación del agua con basura de la comunidad;
Arenamiento de las instalaciones.

Existen granjas de pollos en el centro de la Central, donde se generan grandes cantidades de plumas que son arrojadas al río, creando problemas técnicos a la compañía

9. Líneas de Transmisión

Algunas zonas de las áreas de servidumbre de las líneas están ocupadas por edificaciones, principalmente viviendas, las cuales han aparecido después de la construcción de las líneas.

El 10% de las torres tienen deteriorado los letreros y los cercos de seguridad; la acción correctiva está contemplada en el PAMA.

Aproximadamente el 20% de las torres atraviesan zonas planas y rurales, causando impacto visual a la estética; para eliminar esta excepción, dichas torres se pintaran con colores que disimulen dicho efecto.

Impacto del Ambiente a las instalaciones de EDEGEL S.A.

En la zona costera (hasta 20 Km del mar), la humedad y la contaminación ambiental provocan el depósito de partículas ligeramente corrosivas sobre los conductores y aisladores, afectando su composición y disminuyendo su capacidad dieléctrica.

En la época de más viento (Julio a Septiembre), muchos niños vuelan cometas que, en las inmediaciones de las Líneas Aéreas, terminan enredándose con los conductores y soportes en una proporción significativa; con la humedad ambiental o, peor aún, las lloviznas que se presentan esporádicamente en la misma época, pueden llegar a ocasionar descargas que alteren la uniformidad de la tensión y aún la continuidad del servicio.

CAPITULO 6

MEDIDAS DE MITIGACIÓN Y COMPENSACIÓN

El personal a cargo de las labores de construcción, deberá conocer y cumplir las directivas y requerimientos sobre salud, seguridad y programas ambientales para actividades del Sub-sector electricidad, mediante charlas de inducción o capacitación.

- Los equipos, maquinarias y materiales que se utilizarán en el proyecto cumplirán con las especificaciones técnicas de control del fabricante que incluye pruebas e inspecciones. Éstos deberán contar con certificados de conformidad o registros de mantenimiento.
- El manejo de los residuos sólidos generados se realizará de acuerdo a lo señalado en el Reglamento de la Ley General de Residuos Sólidos (D.S. 057-2004-PCM).

Medidas de Protección de la Calidad del Aire por Emisión de Gases

Los motores de los equipos de construcción serán inspeccionados y mantenidos según los requerimientos del fabricante de forma que se minimicen las emisiones de gases y humos.

Medidas de protección de la calidad del aire por emisión de material particulado

El polvo generado por el movimiento de tierra será minimizado humedeciendo la tierra o mediante el uso de agregados. Todo camión destinado al transporte de material de relleno o de cualquier tipo deberá recubrir totalmente sus tolvas, a fin de disminuir la emisión de material particulado durante el transporte de áridos y material de relleno.

Medidas de mitigación del nivel de ruido

Los niveles de ruido en los límites de la obra no excederán los 80 dBA durante el día y los 70 dBA durante la noche, tal como está establecido en el Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Ruido D.S. 085-2003-PCM para áreas industriales.

Medidas de protección del suelo

Durante las faenas de construcción se realizará el movimiento de suelos en las áreas estrictamente necesarias de manera que se minimice la intervención en la superficie de suelo y evitar mayores pérdidas. Se protegerá el suelo de la contaminación por hidrocarburos

Medidas de manejo de aguas residuales domésticas

Las centrales generan aguas residuales industriales en muy pequeñas cantidades como parte del proceso de limpieza. Asimismo, el personal de la Central generará aguas residuales domésticas como parte de uso de comedores y baños. Las aguas residuales industriales y domésticas se canalizarán a través de cañerías y se dispondrán de manera final mediante un pozo séptico en un campo de infiltración.

Programa de manejo de residuos sólidos

El Programa de Manejo de Residuos será aplicado para las etapas de construcción, operación y abandono del Proyecto y se basará en el cumplimiento de la Ley General de Residuos Sólidos (Ley 27314) y su Reglamento (D.S. 057-2004-PCM).

CAPITULO 7

ASPECTOS ECONÓMICOS

Inversiones durante la etapa previa

Para realizar la instrumentación de las medidas de mitigación y el manejo ambiental, se han estimado los costos que se indican en el **Cuadro N° 39**.

Cuadro N° 39
Inversiones Ambientales para el Manejo Ambiental en la Etapa Previa

Actividad de Manejo	Costo (US\$)
Valorización y compensación de las tierras a ser ocupadas por las obras civiles	30.000,00
Elaboración del Reglamento Ambiental de la actividad energética	3.500,00
Certificado de Inexistencia de Restos Arqueológicos (CIRA)	15.000,00
Elaboración del Plan de Supervisión Ambiental para la Etapa de Construcción	3.500,00
Información y comunicación a la población (reuniones, afiches, comunicados)	5.000,00
TOTAL	57.000,00

Inversiones durante la etapa de construcción

Durante esta etapa se realizará la aplicación estricta del control de calidad ambiental en función de las medidas de mitigación de los impactos potenciales; para lo cual se realizarán inversiones que se indica en el **Cuadro N° 40**.

Cuadro N° 40
Inversiones Ambientales para el Manejo Ambiental en la Etapa de Construcción

Actividad de Manejo	Costo (US\$)
Programa de Monitoreo (un año)	12.000,00
Supervisión Ambiental (un año)	5.000,00
Programa de Educación Ambiental (cuatro charlas por año)	12.000,00
Instrumentación del Plan de Contingencia y Equipamiento	10.000,00
TOTAL	39.000,00

Inversiones ambientales durante la etapa de operación

Para esta etapa el manejo ambiental se simplifica al control de calidad ambiental de la operación del sistema de generación y transmisión; durante 50 años de vida útil del Proyecto. En el **Cuadro N° 41**, se indican las inversiones ambientales.

Cuadro N° 41
Inversiones Ambientales para el Manejo Ambiental en la Etapa de Funcionamiento

Actividad de Manejo	Costo (US\$)
Implementación del Plan de Manejo, Tratamiento y Disposición Final de los Residuos Industriales de la Casa de Máquinas (grasas, aceites), (anual)	20.000,00
Monitoreo Ambiental (anual)	12.000,00
Programa de Educación Ambiental (cuatro charlas por año)	12.000,00
TOTAL: Primer año:	44.000,00

En el **Cuadro N° 42** presentamos un Análisis Cualitativo de Costo Beneficio para el Proyecto Central Hidroeléctrica La Joya.

Cuadro N° 42
Análisis Cualitativo de Costo - Beneficio

Recurso	Grupo Afectado		
	Local	Regional	Nacional
Educación	Positivo	Positivo	Neutro
Salud	Positivo	Positivo	Neutro
Organizaciones Comunitarias	Positivo	Positivo	Neutro
Entrenamiento Técnico	Positivo	Positivo	Neutro
Ganancias Tributarias y Financieras	Positivo	Positivo	Positivo
Valor de las Tierras	Neutro	Neutro	Neutro
Empleo Indirecto	Positivo	Positivo	Neutro
Bienes y Servicios	Positivo	Positivo	Neutro
Caminos/Comunicaciones	Positivo	Positivo	Neutro
Estándares de Vida	Positivo	Positivo	Neutro
Nuevas Oportunidades de Negocios	Positivo	Positivo	Neutro
Empleo Directo	Positivo	Positivo	Neutro
Costo de Vida	Negativo	Neutro	Neutro
Uso de Tierras	Neutro	Neutro	Neutro
Uso de Aguas	Neutro	Neutro	Neutro
Migración	Negativo	Negativo	Neutro
Reubicación de Familias	Neutro	Neutro	Neutro
Estéticos	Negativo	Negativo	Neutro

CONCLUSIONES

1. Las mayores actividades de perturbación se darán en la etapa de construcción, las mismas que son temporales; una vez finalizada la construcción, los impactos se reducen considerablemente.
2. Se debe conocer en su totalidad todos los componentes de una Central Hidroeléctrica, para poder verificar si cada uno de sus componentes ofrecerá impactos al ambiente.
3. Los monitoreos mensuales de todos los parámetros ambientales deben realizarse, ya que éstos permiten la evaluación y determinación de las medidas necesarias para mantener la calidad del ambiente circundante de la Central.
4. Tener conocimiento de todas las leyes y reglamentos aprobados hasta la fecha. Se pueden tomar de las páginas del MEM y del OSINERGMIN.

RECOMENDACIONES

1. Cumplir y mantenerse dentro de los lineamientos y política de protección ambiental establecidos en el “Reglamento de Protección Ambiental” Decreto Supremo N° 029-94-EM.
2. Realizar la señalización pertinente en las zonas o instalaciones que ofrezcan peligro al ser humano, ubicándolas en lugares visibles y mantener un control en el estado de conservación de las mismas, haciendo una supervisión periódica.
3. La empresa deberá comprometerse a cumplir con las acciones mitigadoras indicadas en el Plan de Manejo Ambiental para los impactos potenciales previstos en el Estudio.
4. La empresa deberá ejecutar los monitoreos ambientales propuestos.

BIBLIOGRAFÍA

- CURSO CENTRALES HIDROELÉCTRICAS, Ing. Reynaldo Villanueva Ure.
- DETERMINACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DE UNA CENTRAL HIDROELÉCTRICA,"Trabajo de Investigación FIM-UNI-2003", Ing. Reynaldo Villanueva Ure.
- "REGLAMENTO DE PROTECCIÓN AMBIENTAL EN LAS ACTIVIDADES ELÉCTRICAS" DS 029-94-EM.
- "ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL HIDROELÉCTRICA LA JOYA", 22/02/08.
- "ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL HIDROELÉCTRICA URUBAMBA", 12/03/07.
- "ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL TERMOELÉCTRICA LAS FLORES", 22/02/08.
- Página web del MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS: <http://www.minem.gob.pe/>.
- Página web del OSINERGMIN: <http://www.osinerg.gob.pe>.

- Central Hidroeléctrica de Huampaní



- Central Hidroeléctrica de Moyopampa

