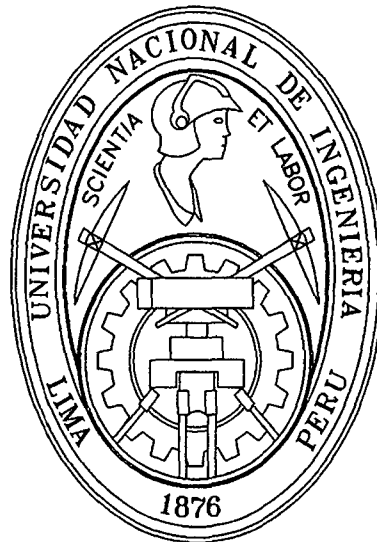


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA**



***“PROYECTO DE UNA MINICENTRAL
HIDROELÉCTRICA DE 120 kW EN EL DISTRITO
DE INDEPENDENCIA - HUARAZ PARA EL
DESARROLLO AGROPECUARIO SUSTENTABLE”***

***TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA***

JEFERSSON ARNALDO CASTILLO CORONEL

PROMOCIÓN 2005-II

LIMA – PERÚ

Digitalizado por:

2010

Í N D I C E

PRÓLOGO.....	1
 CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN.....	3
1.1. Antecedentes.....	5
1.2. Objetivo.....	5
1.3. Alcances.....	6
 CAPÍTULO II	
CENTRALES HIDROELÉCTRICAS.....	7
2.1. La Energía Hidráulica.....	7
2.2. Centrales Hidroeléctricas.....	10
2.2.1. Clasificación.....	15
2.2.2. Componentes de una Central Hidroeléctrica.....	22
2.2.3. Funcionamiento de una Central.....	58
2.2.4. Las Centrales Hidroeléctricas y el Medio Ambiente.....	59
 CAPITULO III	
EVALUACIÓN DE LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA.....	63
3.1. Información Básica.....	63
3.2. Ubicación Geográfica.....	63
3.3. Población y Vivienda.....	65
3.4. Actividad Económica.....	65

II

3.5. Recolección de Información.....	66
3.6. Proyección de la Demanda de Energía Eléctrica.....	66
3.6.1. Sector doméstico y alumbrado público.....	66
3.7. Evaluación del Recurso Hídrico.....	69

CAPITULO IV

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD.....	70
4.1. Esquema del Proyecto.....	70
4.1.1. Análisis topográfico.....	70
4.1.2. Análisis de la capacidad instalada.....	72
4.1.3. Ingeniería del Proyecto.....	73
4.2. Obras Civiles.....	73
4.2.1. Cámara de carga.....	73
4.2.2. Cobras de demasía o excedencia.....	76
4.2.3. Conducto forzado al exterior.....	77
4.2.4. Casa de fuerza.....	81
4.2.5. Obras de descarga o restitución.....	81
4.3. Equipo Hidroeléctrico.....	82
4.3.1. Válvula de admisión.....	82
4.3.2. Turbina hidráulica.....	82
4.4. Preparación de Terreno y Replanteo.....	85
4.5. Cimentación de Estructuras Hidráulicas.....	87
4.6. Macizos de Anclaje y Muros de Sostenimiento.....	87
4.7. Muros de Sostenimiento y Edificaciones.....	88
4.8. Rellenos.....	88

III

4.9. Materiales.....	89
4.10. Colocación.....	89
CAPÍTULO V	
ANÁLISIS ECONÓMICO.....	107
5.1. Presupuesto.....	107
5.2. Indicadores Económicos.....	108
5.2.1. Valor Actual Neto (VAN).....	109
5.2.2. Cálculo de la tasa Interna de Retorno (TIR).....	110
CAPITULO VI	
IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO	
6.1. Características del IA respecto a futuras localidades.....	111
6.1.1. Efectos directos en los hogares.....	111
6.1.2. Efectos indirectos en los hogares.....	112
6.1.3. Otros impactos.....	114
6.2. Empleos Productivos de la Electricidad.....	115
6.2.1. Impactos inmediatos y tendencias con la creación de la C.H.....	115
6.2.2. Factores limitantes de uso productivo de la electricidad.....	115
CONCLUSIONES.....	121
RECOMENDACIONES.....	123
BIBLIOGRAFÍA.....	124
ANEXOS.....	126

PRÓLOGO

El desarrollo de la presente Tesis, abarca seis capítulos con alcances respaldados en 15 referencias bibliográficas. Por medio de esta referencia, desarrollo mi tema de tesis con el fin de evaluar el proyecto que se requiere en la construcción de una Minicentral Hidroeléctrica de 120 kW como parte integrante del Proyecto "Construcción del Sistema de Riego Hidroenergético y Desarrollo Agropecuario Sustentable en Picus, Pongor, Paccha, Quenuayoc y Atipayan", ya que es de vital importancia dotar de energía eléctrica propia y barata al área en estudio para ser utilizado en el sistema de bombeo del agua procedente del río Quilcay con fines agropecuarios por los beneficiarios de los caseríos de Picus, Pongor, Paccha, Quenuayoc y Atipayan, pertenecientes al distrito de Independencia, provincia de Huaraz región Ancash.

En el primer capítulo, que es la introducción, se detalla el objetivo de mi trabajo y sus alcances.

En el segundo capítulo, se describen las partes más importantes de una Central Hidroeléctrica.

En el tercer capítulo, se describen los antecedentes del proyecto.

En el cuarto capítulo, se describe el estudio de prefactibilidad de la Minicentral Hidroeléctrica de 120 kW.

En el quinto capítulo, se desarrolla el análisis económico del proyecto.

En el sexto capítulo, se desarrolla el estudio de Impacto Ambiental de la Minicentral Hidroeléctrica en la localidad.

Asimismo, se presentan las respectivas Conclusiones, Recomendaciones y la Bibliografía utilizada para la elaboración de la presente Tesis.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Al realizar el presente estudio, pretendo contestar la interrogante de si es conveniente o no realizar la inversión en esta Minicentral Hidroeléctrica. Esta recomendación sólo será posible si se dispone de indicadores de juicios necesarios para tomar esta decisión. En términos generales, seis son los estudios particulares que deben realizarse para evaluar cada proyecto: los de viabilidad comercial, técnica, legal, de gestión, de impacto ambiental y financiera. Cualquiera de ellos que llegue a una conclusión negativa determinará que el proyecto no se lleve a cabo; aunque, por razones estratégicas, humanitarias u otras, de índole subjetivas, podrían hacer recomendable una opción que no sea viable financiera o económica.

Este proyecto formará parte del Proyecto "Construcción del Sistema de Riego Hidroenergético y Desarrollo Agropecuario Sustentable en Picus, Pongor, Paccha, Quenuayoc y Atipayán", ya que es de vital importancia dotar de energía eléctrica propia y económica al área en estudio para ser utilizado en el sistema de bombeo del agua procedente del río Quilcay con fines agropecuarios por los beneficiarios de los caseríos de Picus, Pongor, Paccha, Quenuayoc y Atipayán, pertenecientes al distrito de Independencia, provincia de Huaraz región Ancash.

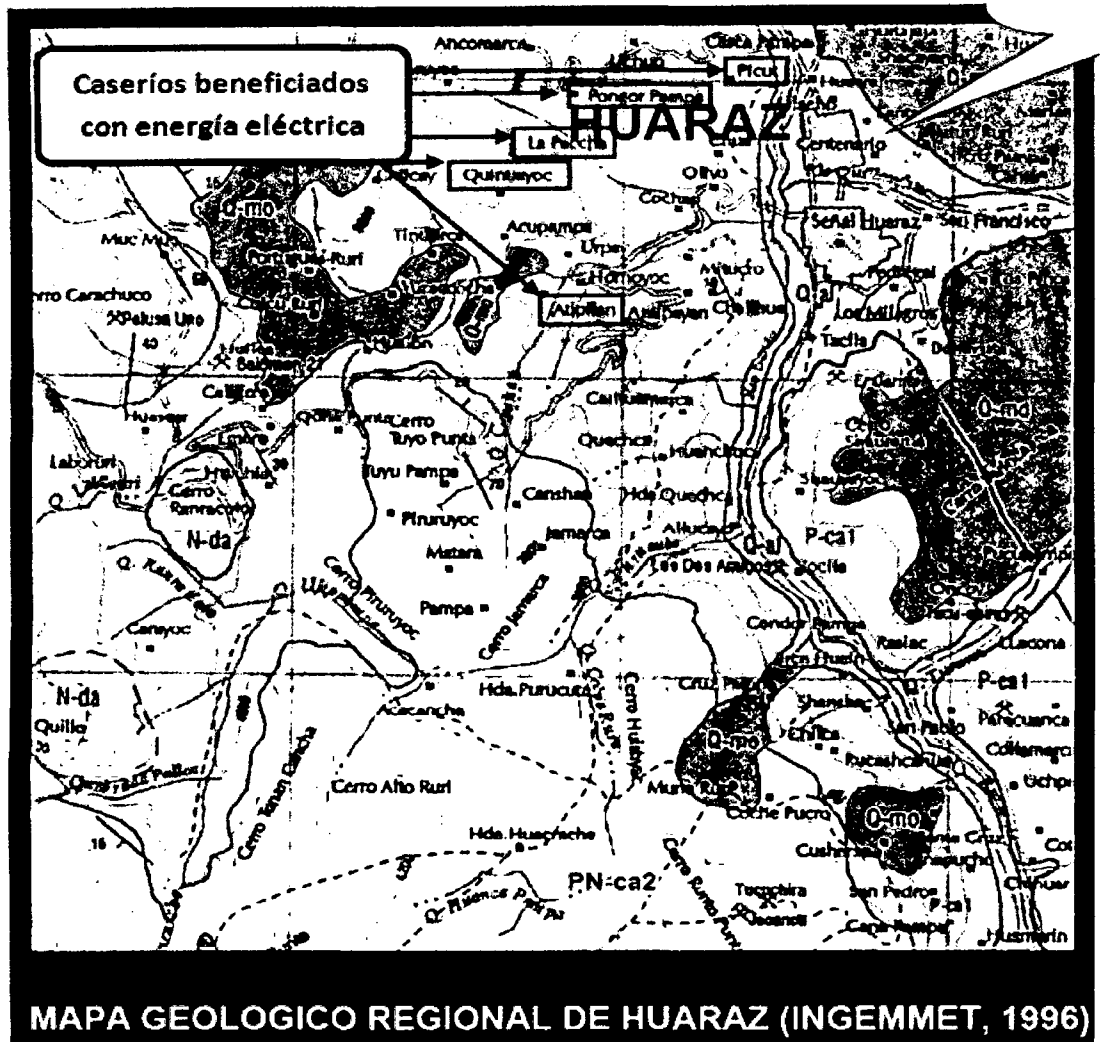


Fig.1.1. Caseríos beneficiados por la minicentral Hidroeléctrica de 120 kW.

Para este fin, se cuenta actualmente con el recurso hídrico necesario en la parte superior del proyecto para ser utilizado en la generación de electricidad.

La metodología de análisis, para un pequeño sistema aislado, se inicia con la recopilación de información básica de cartografía, hidrología y transporte de sólidos, geología, población, vivienda y actividad económica.

Esta información, y la evaluación del potencial hidráulico disponible en el área de influencia en estudio, definirán el esquema del aprovechamiento hidroeléctrico técnico económicamente factible.

De este análisis se obtiene el esquema definitivo de obras civiles y equipamiento eléctrico mecánico de la Minicentral Hidroeléctrica, con la cual es posible efectuar el análisis económico respectivo y analizar la viabilidad del proyecto.

1.1 ANTECEDENTES

En el distrito de Independencia, provincia de Huaraz, región Ancash, se necesita desarrollar el potencial agropecuario que presentan cinco localidades, para lo cual se necesita implementar un sistema de riego para impulsar esta actividad que contribuya a mejorar el aspecto socio-económico de dichas localidades.

1.2 OBJETIVO

A fin de implementar un sistema de riego para los caseríos Picus, Pongor, Paccha, Quenuayoc y Atipayan, pertenecientes al Distrito de Independencia de la Región de Huaráz, se instalará una minicentral hidroeléctrica de 120 kW, ya que se tienen las condiciones geográficas necesarias para instalar esta planta que, además, proporcionaría energía a estos caseríos, lo que servirá para elevar el nivel de vida de sus habitantes.

1.3 ALCANCES

La presente Tesis describe los procedimientos generales para el diseño de los componentes civiles y electromecánicos de la central, los cuales son similares en cuanto a principios teóricos, ya sean micro o macro Hidroeléctricas; además, este Proyecto cumple y optimiza los lineamientos especificados en la nueva Ley General de Aguas que estipula que la utilización del agua se debe priorizar para el consumo humano y luego para fines agrícolas y energéticos.

CAPÍTULO II

CENTRALES HIDROELÉCTRICAS

2.1 LA ENERGÍA HIDRÁULICA

La energía hidráulica se obtiene de la caída del agua desde cierta altura a un nivel inferior, lo que provoca el movimiento de ruedas hidráulicas o turbinas. Dichas turbinas o ruedas, a su vez, provocan un movimiento cinético de rotación, que se transmite a un generador eléctrico, y éste produce energía eléctrica. A la energía que proviene del agua se le llama Energía Hidráulica, y del sitio de dónde se obtiene, Central Hidroeléctrica.

La energía potencial, durante la caída, se convierte en cinética. El agua pasa por las turbinas a gran velocidad, provocando un movimiento de rotación que finalmente se transforma en energía eléctrica por medio de los generadores. Es un recurso natural disponible en las zonas que presentan suficiente cantidad de agua, y una vez utilizada, es devuelta río abajo. Su desarrollo requiere construir presas, canales de derivación, y la instalación de grandes turbinas y equipamiento para generar electricidad. Todo ello implica la inversión de grandes sumas de dinero, por lo que no resulta competitiva en regiones donde el carbón o el petróleo son baratos. Sin embargo, el peso de las consideraciones

medio ambientales y el bajo mantenimiento que precisan, una vez estén en funcionamiento, centran la atención en esta fuente de energía.

La fuerza del agua ha sido utilizada durante mucho tiempo para moler trigo, pero fue con la Revolución Industrial, y especialmente a partir del siglo XIX, cuando comenzó a tener gran importancia con la aparición de las ruedas hidráulicas para la producción de energía eléctrica. Poco a poco la demanda de electricidad fue en aumento. El bajo caudal del verano y otoño, unido a los hielos del invierno, hacían necesaria la construcción de grandes presas de contención, por lo que las ruedas hidráulicas fueron sustituidas por máquinas de vapor con en cuanto se pudo disponer de carbón.

La primera Central Hidroeléctrica moderna se construyó en 1880 en Northumberland, Gran Bretaña. El renacimiento de la energía hidráulica se produjo por el desarrollo del generador eléctrico, seguido del perfeccionamiento de la turbina hidráulica y debido al aumento de la demanda de electricidad a principios del siglo XX. En 1920 las Centrales Hidroeléctricas generaban ya una parte importante de la producción total de electricidad.



Fig. 2.1. Toma para el canal de riego en Alloz – España.

A principios de la década de los noventa, las primeras potencias productoras de energía hidroeléctrica eran Canadá y Estados Unidos. Canadá obtiene un 60% de su electricidad de Centrales Hidráulicas. En todo el mundo, este tipo de energía representa aproximadamente la cuarta parte de la producción total de electricidad, y su importancia sigue en aumento. Los países que constituyen fuente de electricidad más importantes son Noruega (99%), Zaire (97%) y Brasil (96%). La central de Itaipú, en el río Paraná, está situada entre Brasil y Paraguay; se inauguró en 1982 y tiene la mayor capacidad generadora del mundo. Como referencia, la presa Grand Coulee, en Estados Unidos, genera unos 6500 Mw y es una de las más grandes.

En algunos países se han instalado centrales pequeñas, con capacidad para generar entre un kilovatio y un megavatio. En muchas regiones de China, por ejemplo, estas pequeñas presas son la principal fuente de electricidad. Otras naciones, en vías de desarrollo, están utilizando este sistema con buenos resultados. En Euskadi, debido a que los ríos son de curso corto y no conducen

caudales importantes, existen bastantes minicentrales hidráulicas. En el resto de España hay problemas de escasez de agua y se han construido presas para riego. Posteriormente han sido aprovechadas para generar energía, y actualmente tenemos una fracción importante de energía hidroeléctrica instalada.

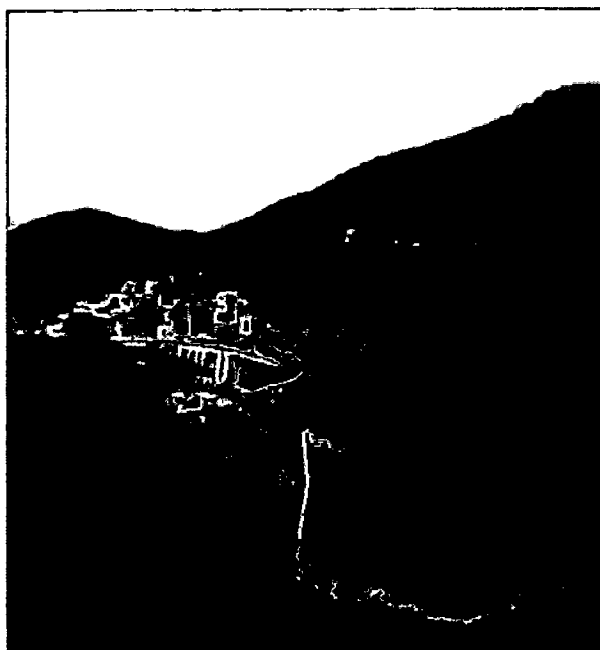


Fig. 2.2. Presa de Bóveda de Alloz – España.

2.2 CENTRALES HIDROELÉCTRICAS

Las centrales hidroeléctricas son estaciones desde las cuales se aprovecha la energía de un salto de agua para convertirlo en energía eléctrica. Hay diferentes tipos de centrales, dependiendo del servicio que den en el consumo global de la red.

La energía hidroeléctrica es una de las más rentables. El coste inicial de construcción es elevado, pero sus gastos de explotación y mantenimiento son relativamente bajos. Aún así tienen unos condicionantes:

- Las **condiciones pluviométricas** medias del año deben ser favorables.
- El **lugar de emplazamiento** está supeditado a las características y configuración del terreno por el que discurre la corriente de agua.

El funcionamiento básico consiste en aprovechar la energía cinética del agua almacenada, de modo que accione las turbinas hidráulicas.

En el aprovechamiento de la energía hidráulica influyen dos factores: el caudal y la altura del salto; para aprovechar mejor el agua llevada por los ríos, se construyen presas para regular el caudal en función de la época del año. La presa sirve también para aumentar el salto.

Otra manera de incrementar la altura del salto es derivando el agua por un canal de pendiente pequeña (menor que la del cauce del río), consiguiendo un desnivel mayor entre el canal y el cauce del río.



Fig. 2.3. Toma de agua para pequeñas centrales del Urumea.

El agua del canal o de la presa penetra en la tubería donde se efectúa el salto. Su energía potencial se convierte en energía cinética llegando a las salas de máquinas, que albergan a las turbinas hidráulicas y a los generadores eléctricos. El agua, al llegar a la turbina, la hace girar sobre su eje, que arrastra en su movimiento al generador eléctrico.

La tecnología de las principales instalaciones se ha mantenido igual durante el siglo XX.

Las turbinas pueden ser de varios tipos, según los tipos de centrales: Pelton (saltos grandes y caudales pequeños), Francis (salto más reducido y mayor caudal), Kaplan (salto muy pequeño y caudal muy grande) y de hélice.

Las centrales dependen de un gran embalse de agua contenido por una presa. El caudal de agua se controla y se puede mantener casi constante. El agua se transporta por unos conductos o tuberías forzadas, controlados con válvulas para adecuar el flujo de agua por las turbinas con respecto a la demanda de electricidad. El agua sale por los canales de descarga. El agua es devuelta al río en las condiciones en que se tomó, de modo que se puede volver a utilizar por otra central situada aguas abajo o para consumo. La utilización de presas tiene varios inconvenientes. Muchas veces se inundan terrenos fértiles y en ocasiones poblaciones que es preciso evacuar. La fauna piscícola puede ser alterada si no se toman medidas que la protejan.

Algunos Conceptos Básicos, cuando se hablan de Centrales Hidroeléctricas son:

- **Nivel:** horizontalidad constante de la superficie de un terreno, o de la superficie libre de los líquidos.
- **Cota:** valor de la altura a la que se encuentra una superficie respecto del nivel del mar.

- **Caudal:** cantidad de líquido, expresada en metros cúbicos o en litros, que circula a través de cada una de las secciones de una conducción, abierta o cerrada en la unidad de tiempo.
- **Salto de agua:** paso brusco o caída de masas de agua desde un nivel a otro inferior. Numéricamente se identifica por la diferencia de cota que se da en metros.
- **Embalse:** resulta de almacenar todas las aguas que afluyen del territorio sobre el que está enclavado y, identificado como cuenca vertiente, que es la superficie de las aguas que lo alimentan. Las dimensiones del embalse dependen de los caudales aportados por el río. Su capacidad útil es toda aquella agua embalsada por encima de la toma de la central. La capacidad total incluye el agua no utilizable. Se mide en metros o hectómetros cúbicos. Los embalses tienen pérdidas debidas a causas naturales como evaporación o filtraciones.



Fig. 2.4. Central de ITAPU – Brasil.

2.2.1. Clasificación

2.2.1.1 Tipos según discurre el agua

➤ De agua fluyente

Llamadas también de agua corriente. Se construyen en los lugares en que la energía hidráulica debe ser utilizada en el instante en que se dispone de ella, para accionar las turbinas hidráulicas. Cuentan con un gran caudal de agua y pequeña altura.

No cuentan con reserva de agua, oscilando el caudal suministrado según las estaciones del año. En la temporada de precipitaciones abundantes (de aguas altas), desarrollan su potencia máxima, y dejan pasar el agua excedente. Durante la época seca (aguas bajas),

la potencia disminuye en función del caudal, llegando a ser casi nulo en algunos ríos en la época del estío.

Cumplen la función de Centrales de Base, es decir, están destinadas a suministrar energía eléctrica de manera continua.

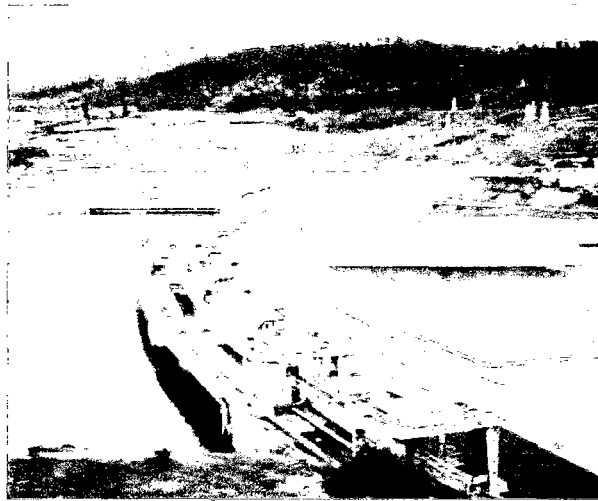


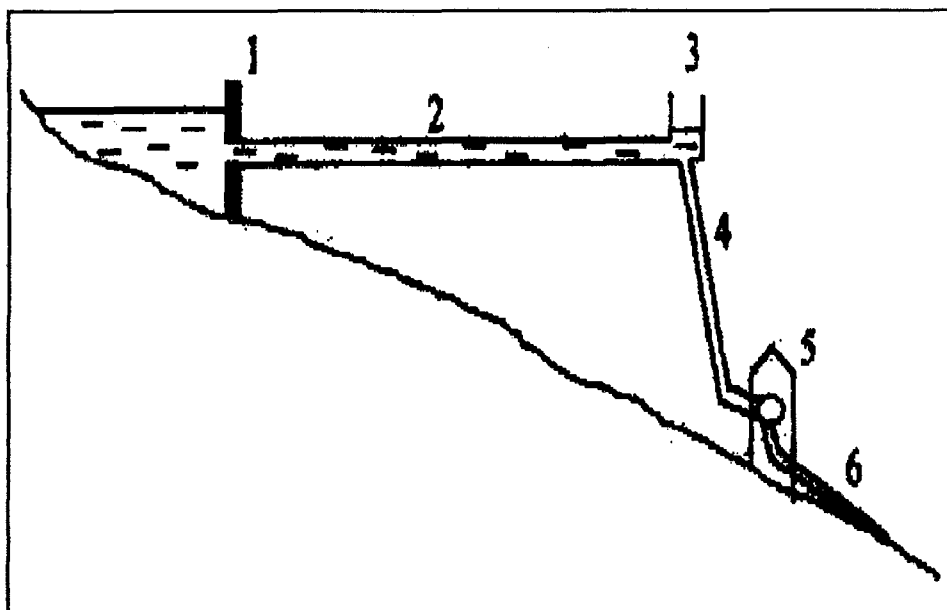
Fig.2.5 Central hidroeléctrica de agua fluyente.

➤ **De derivación**

Son aquellas en las cuales se capta el agua mediante una pequeña presa y se lleva de la misma hacia la turbina mediante un ducto el cual es llamado ducto forzado.

- 1 Pequeña presa para desviar el agua hacia la turbina.
- 2 Galería de conducción.
- 3 Chimenea de equilibrio.
- 4 Tubería forzada.

- 5 Central.
- 6 Canal de desagüe o socaz.



- (1) Toma de agua. (2) Galería de aducción (3) Chimenea de equilibrio. (4) Tubería forzada.
(5) Casa de máquinas. (6) Canal de descarga.

Fig.2.6 Central de Derivación.

➤ **De agua embalsada o de regulación**

Se alimenta del agua de grandes lagos o de pantanos artificiales (embalses), conseguidos mediante la construcción de presas. El embalse es capaz de almacenar los caudales de los ríos afluentes, llegando a elevados porcentajes de captación de agua en ocasiones.

Esta agua es utilizada según la demanda regulando su caudal, a través de conductos que la encauzan hacia las turbinas.

Cumplen función de centrales de punta, es decir, están proyectadas para cubrir demandas de energía en las horas punta. Trabajan en paralelo con las centrales de base.



Fig.2.7 Central de Agua Embalsada.

➤ **De bombeo**

Se denominan 'de acumulación'. Acumulan caudal mediante bombeo aprovechando la energía sobrante en las horas valle, con lo que su actuación consiste en acumular energía potencial y en las horas punta la aprovechan para dar energía en la red.

Pueden ser de dos tipos: de turbina y bomba, o de turbina reversible.

La alimentación del generador que realiza el bombeo desde aguas abajo, se puede realizar desde otra central hidráulica, térmica o nuclear.

No es una solución de alto rendimiento, pero se puede admitir como suficientemente rentable, ya que se compensan las pérdidas de agua o combustible.

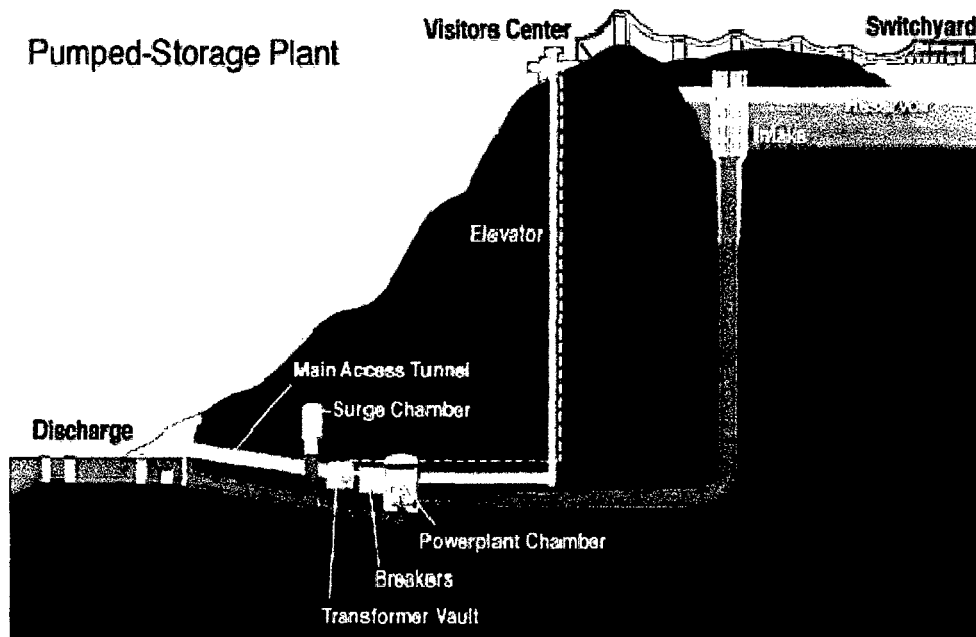


Fig.2.8 Central de Bombeo.

2.2.1.2 Tipos según salto de agua

➤ Centrales de alta presión

Aquí se incluyen aquellas centrales situadas en zonas de alta montaña en las que el salto hidráulico es superior a los 200 metros de altura y donde se aprovechan el agua de torrentes por medio de conductos de gran longitud. Los caudales desalojados son relativamente pequeños: $20 \text{ m}^3/\text{s}$ por máquina.

Se utilizan turbinas Pelton y Francis.

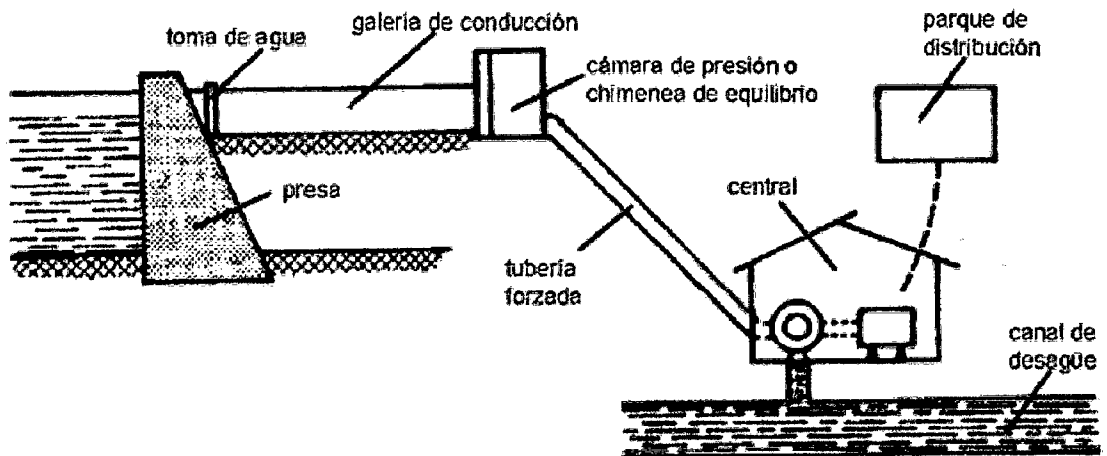


Fig.2.9. Esquema de una Central de Alta Presión.

➤ Centrales de media presión

Aquellas ubicadas en valles de media montaña que poseen saltos hidráulicos de entre 20-200 metros aproximadamente. Utilizan caudales de $200 \text{ m}^3/\text{s}$ por turbina y dependen de embalses.

Las turbinas utilizadas son Francis y Kaplan, y en ocasiones Pelton para saltos grandes.

➤ **Centrales de baja presión**

Aquellas ubicadas en valles amplias de baja montaña donde sus saltos hidráulicos son inferiores a 20 metros. Cada máquina se alimenta de un caudal que puede superar los $300\text{m}^3/\text{s}$.

Las turbinas utilizadas son de tipo Francis y especialmente Kaplan.

Saltos pequeños ($<15\text{ m}$), caudales grandes ($>300\text{m}^3/\text{s}$)

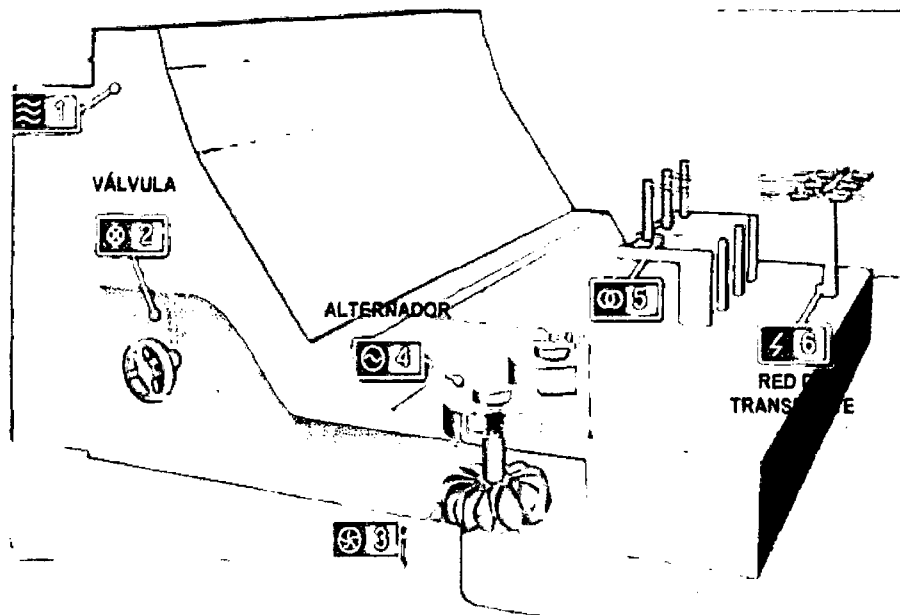


Fig.2.10. Esquema de Centrales de Baja Presión.

También se puede hablar de **Central de Reserva** que tiene por objetivo sustituir total o parcialmente la producción de una central base, en caso de avería o reparación.

2.2.2 Componentes de una Central Hidroeléctrica

2.2.2.1 La presa.

Es una construcción, normalmente de hormigón, que se alza sobre el suelo del río y perpendicular a su dirección, con la finalidad de derivar el flujo del agua, de retener el agua (presas de derivación) o para elevarla a un nivel suficiente y formar un embalse (presas de embalse). Dependiendo de las características orográficas y de su emplazamiento, se escogerá entre una configuración u otra.

Hay 4 tipos diferentes de presas, y son los siguientes:

➤ De Gravedad

Son aquellas que retienen el agua gracias al tipo de materiales empleados, como mampostería u hormigones y a su geometría de perfil triangular.

El par de vuelco producido por el empuje del agua se compensa con el par de la reacción que el suelo ejerce sobre la presa

La estabilidad de la presa está confiada a su propio peso y al esfuerzo del terreno sobre el que se apoya.

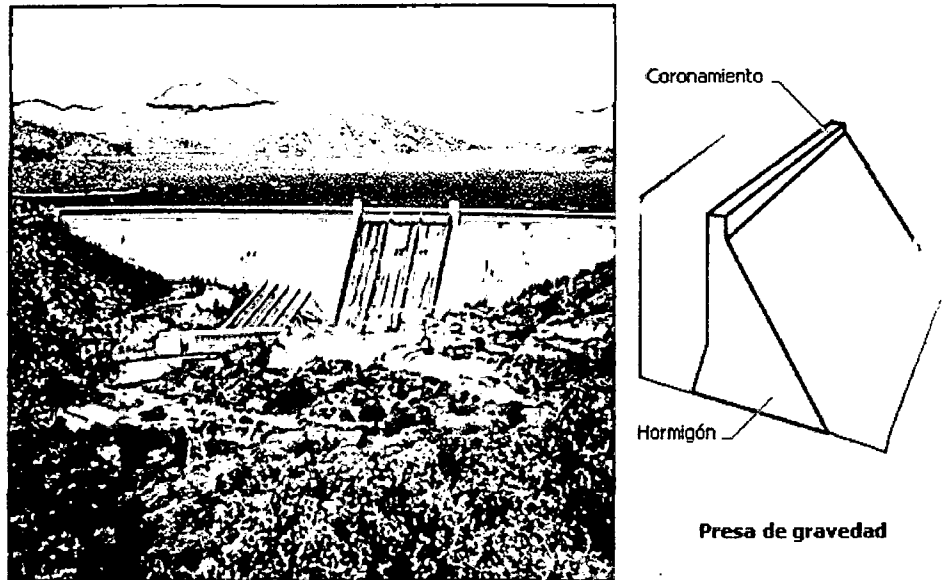


Fig. 2.11 Presa de gravedad.

➤ **De Contrafuerte**

Formadas por una pared impermeable situada aguas arriba, y contrafuertes resistentes para su estabilidad, situados aguas abajo.

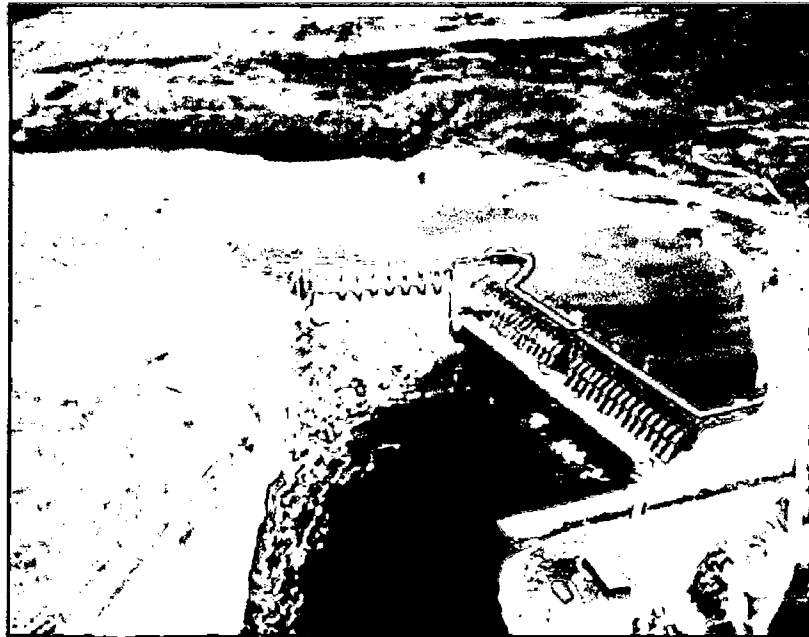


Fig. 2.12 Presa Chief Joseph / presa de Contrafuerte.

➤ **De Arco-Bóveda**

Las que aprovechan el efecto transmisor del arco para transferir los empujes del agua al terreno.

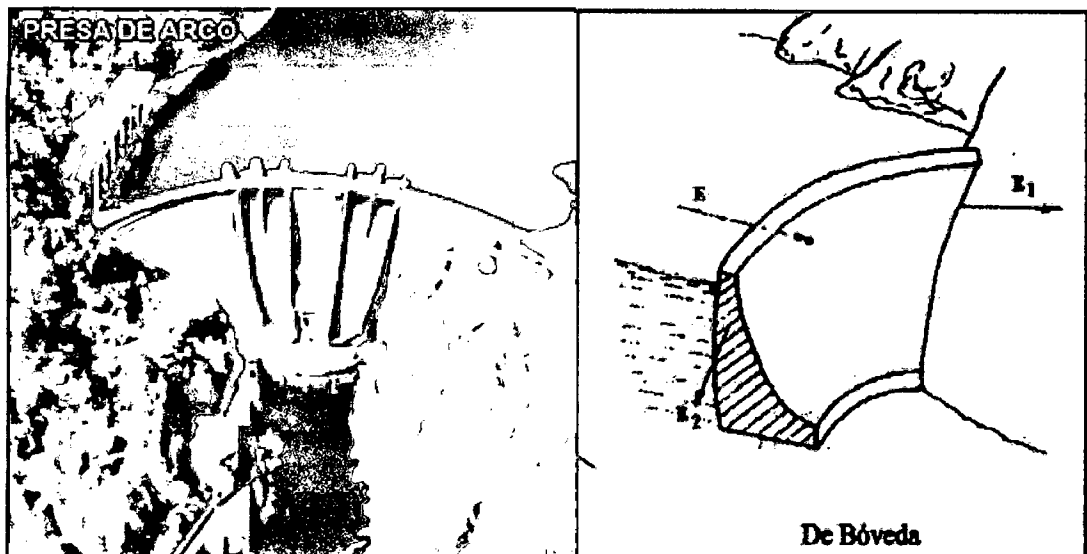


Fig. 2.13 Presa de Arco o Bóveda.

➤ **De Tierra o Escollera**

Con un núcleo de material arcilloso, que a veces es tratado químicamente o con inyecciones de cemento.

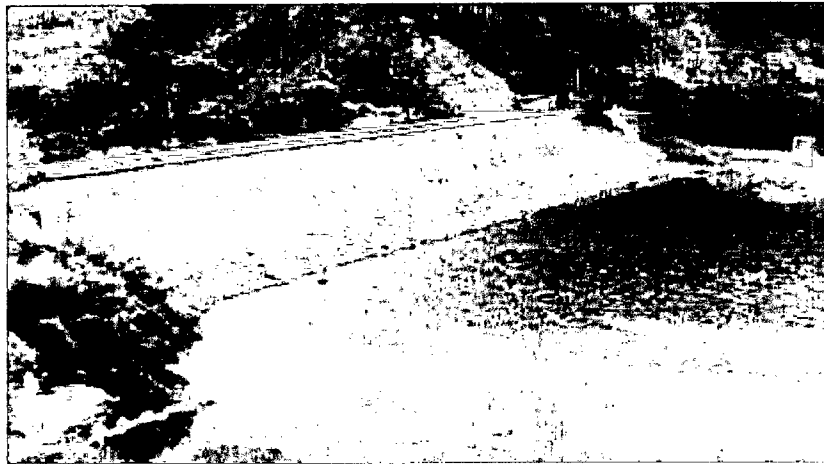


Fig. 2.14 Presa de tierra.

2.2.2.2 Toma de agua

Zona de obra donde se capta el agua necesaria para el accionamiento de las turbinas. La toma de agua de las que parten varios conductos hacia las tuberías, se hallan en la pared anterior de la presa que entra en contacto con el agua embalsada. Además existen algunos elementos que proporcionan mejor protección contra elementos no deseados en el caudal como son desperdicios y objetos sólidos que perjudicarían a la turbina.

2.2.2.3 Compuertas

Sirven para regular la cantidad de agua que llega a las turbinas ya que esta si es superior al caudal nominal podría producir inundaciones o sobrepasar la máxima presión que puede soportar la galería de aducción.

2.2.2.4 Desripiadores

En todos los casos que no existe un embalse de acumulación o de regulación, donde el agua se decanta naturalmente en forma lenta, y particularmente en los casos donde los ríos acarrear una gran cantidad de sólidos que podrían dañar las turbinas, es necesario proceder a una decantación rápida y artificial del agua derivada antes de introducirla en el canal o en la galería.

Los desripiadores, que preceden a los desarenadores, se encargan de separar el material más grueso; delante de los desripiadores, para evitar que el material flotante (árboles, ramas etc.) o piedras grandes entren en las obras de captación de agua, se disponen una o más rejas (las gruesas adelante; las más finas en segunda línea). A menudo, si la cantidad de material flotante es considerable, se instalan dispositivos automáticos: limpiarrejas.

2.2.2.5 Rejas y Rejillas

Las aperturas por donde entra el agua mediante las compuertas están protegidas para evitar el paso de cuerpos en suspensión o flotación, de estos se encargan las rejas y rejillas. Filtrando el agua de elementos grandes, la reja y de elementos más finos, la rejilla; así no dejan pasar elementos que deterioraran los álabes y producir desperfectos a la turbina. Estas rejas y rejillas necesitan de un mantenimiento periódico pues los restos atacados durante el filtrado pueden acumularse y ocasionar pérdida del caudal además de llegar al punto de no dejar pasar el agua, especialmente en épocas de avenida.

Las rejas se clasifican en gruesas y finas. Las primeras están constituidas por barrotes metálicos que dejan entre si un espacio de 5 a 25 centímetros e impiden la penetración de cuerpos de regular tamaño en la tubería, casi siempre productos leñosos del campo o del monte (y en los sitios del clima riguroso, témpanos de hielo)

Las rejas finas son las que en realidad protegen más a fondo los elementos de las turbinas. La distancia entre los barrotes es menor, solo de 30 mm.

Las rejas se colocan con una cierta inclinación.

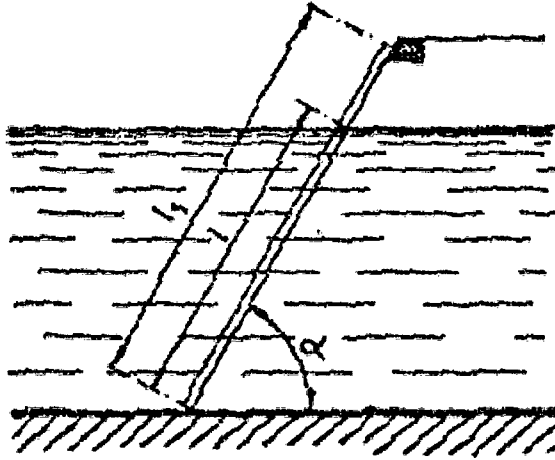


Fig. 2.15a. Inclinación de las rejas.



Fig. 2.15b. Rejas con mecanismo motorizado de limpieza

2.2.2.6 Desarenador

Este también es uno de los elementos importantes, ya que se encargará de la eliminación de partículas minúsculas después del filtrado en las rejas y rejillas, el sistema de funcionamiento de este filtrado es con la disminución de la velocidad del caudal, dando lugar a que las partículas como son la tierra, piedras pequeñas y arenilla se sienten en el fondo del desarenador, el cual desfoga todas estas partículas mediante unas compuertas que los devuelven al cauce del río, así el agua queda limpia en un 90 % aproximadamente disminuyendo el desgaste de la turbina.

Las posas de decantación de los desarenadores, cuyas formas y tamaño pueden ser muy distintos, trabajan todas sin embargo según el principio de reducir la velocidad del agua hasta 20-30 cm/s. Aprovechando una sección transversal oportuna, así que las partículas sólidas, en el recorrido del agua de un extremo a otro de la poza, cuyo largo puede alcanzar unos 50-70 metros se depositan en el fondo y pueden ser periódicamente evacuadas por medio de purgas y lavados en la misma poza.

Con el fin de no interrumpir el flujo del agua durante las operaciones de purga y lavado, se prevé generalmente dos o más pozas de decantación en paralelo. El agua decantada sale del extremo del desarenador en su parte más alta y entra en el canal o en la galería pasando a través de otras rejas de protección o de compuertas para la regulación del agua.

Obviamente se debe prever, también, compuertas de admisión de agua a la entrada de los desripiadores, así como también se tendrán compuertas para la purga de los desripiadores y los desarenadores.

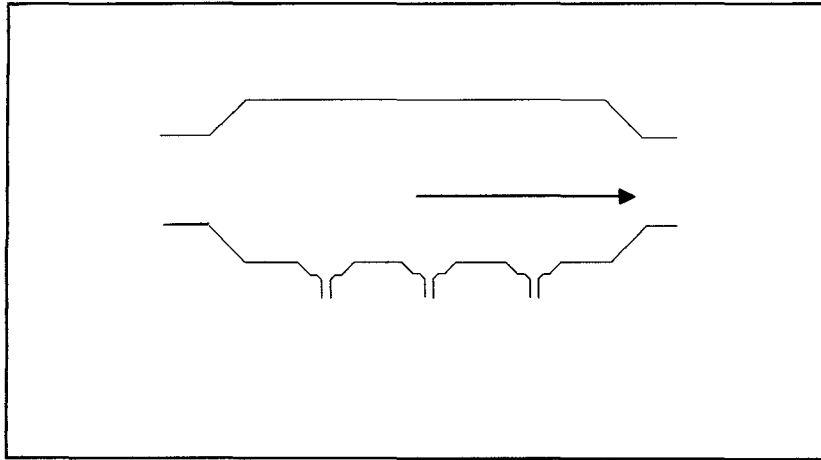


Fig.2.16a. Corte transversal del desarenador.

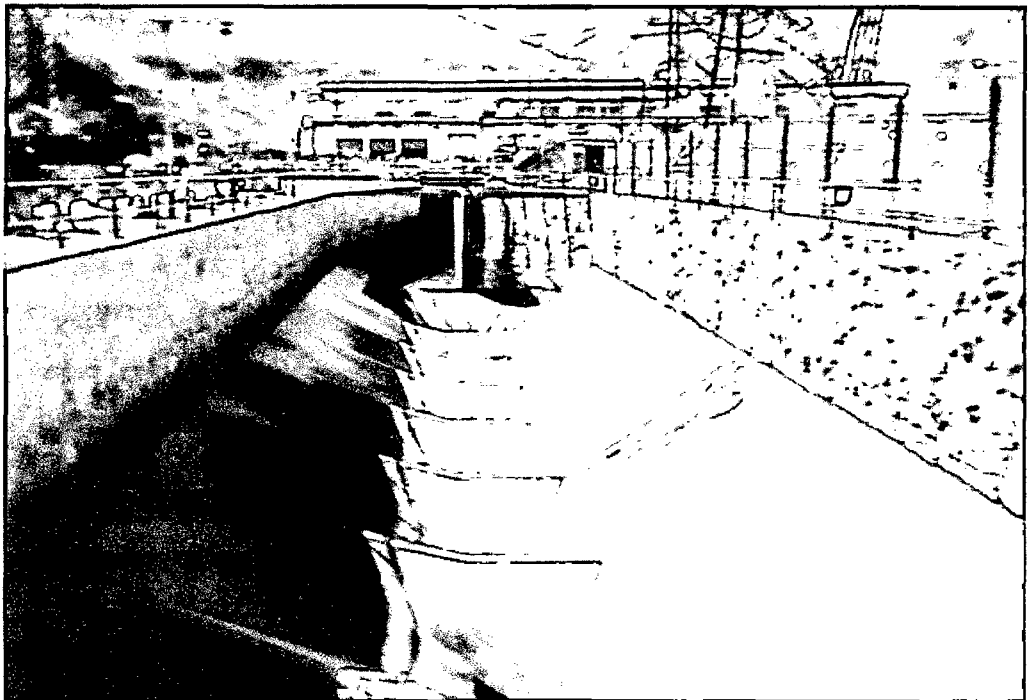


Fig.2.16b. Desarenador en la Toma de la Central Hidroeléctrica de Moyopampa.

2.2.2.7 Canales y Galería de conducción

El transporte del agua desde las obras de captación hasta el comienzo de la tubería forzada está asegurado, según el tipo de instalación, por canales y galerías de pelo libre o por galerías de presión. El largo y la sección dependen de las características de la instalación. Generalmente tienen pendientes de 1.5 hasta 3 por mil con velocidad del agua de 2 – 3 m/s.

Un estudio exhaustivo permite determinar el recorrido del canal o túnel que deben pasar por terrenos demasiado accidentados, rocas descompuestas, localidades urbanizadas, etc. El agua circula debido a los ligerísimos desniveles entre sus extremos (velocidades pequeñas). Son construidas de hormigón con juntas de dilatación (cambio de temperatura).

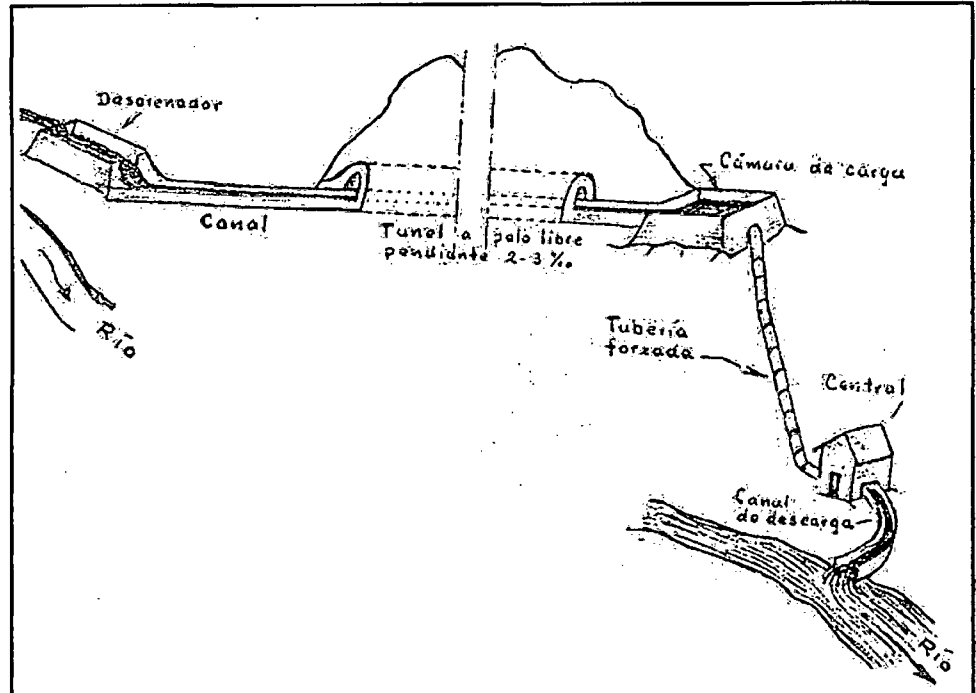


Fig. 2.17a. Canal y galería de aducción.

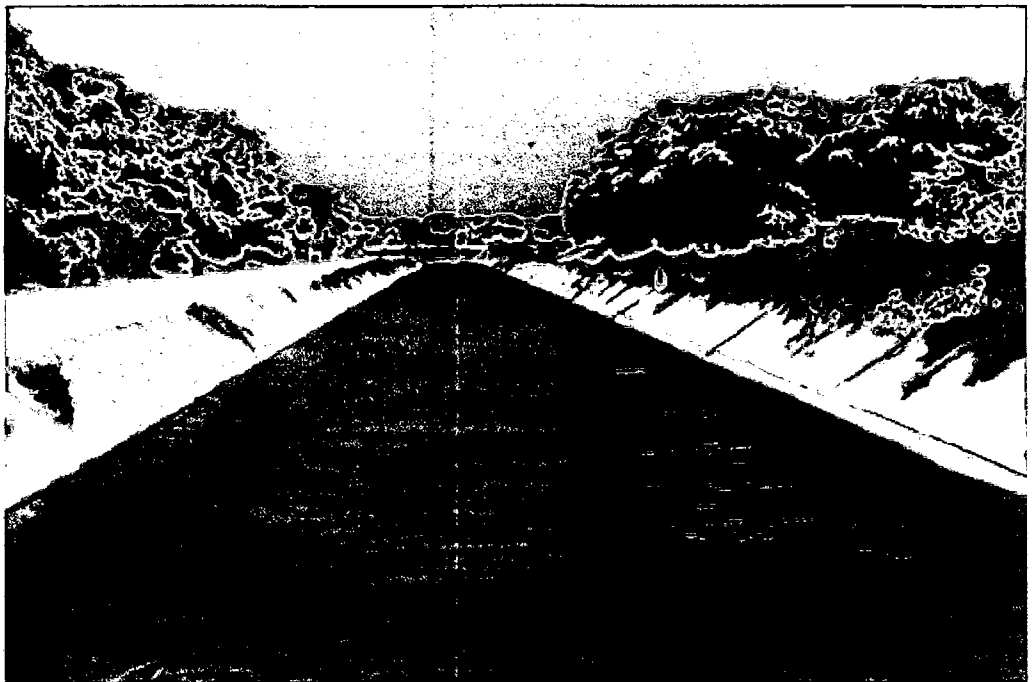


Figura 2.17b. Galería de aducción de sección trapezoidal

2.2.2.8 Cámara de carga y chimenea de equilibrio

➤ Cámara de carga

En las centrales alimentadas a través de un canal o una tubería de pelo libre, el agua conducida por la obra de transporte pasa a través de una cámara de carga antes de penetrar en la conducción forzada.

Esta cámara de carga, en forma de pequeño reservorio excavado en el interior del cerro, está prevista de rejillas y compuertas y tiene sobre todo la función de **volante** en caso de variaciones repentinas en la carga. En efecto, si la turbina requiere por ejemplo un aumento instantáneo del 30 % de la carga, el mayor caudal no puede ser entregado de inmediato por el canal aductor y se tomara de la cámara de carga.

En contadas instalaciones, la cámara de carga se proyecta de volumen tan grande que pueden servir de reservorio diario de regulación. Su dimensionamiento sigue en este caso las reglas generales. Generalmente, sin embargo, su función es más limitada y su volumen se determina de manera que sea suficiente para abastecer las máquinas durante el tiempo que el agua (por ejemplo un caudal igual a 30-40 % del caudal máximo) emplea para recorrer el túnel (o el canal) entre la toma y la cámara de carga. Manteniendo el nivel de la cámara de carga algo más bajo del nivel máximo, se puede también absorber- sin pérdidas de agua –

eventuales pequeñas reducciones de la carga hasta que llegue la reducción del caudal por accionamiento de las compuertas en la toma.

A la salida de la cámara de carga, antes del empalme con la tubería forzada, se instalan rejillas y compuertas. Las primeras impiden la entrada de material en la tubería y las compuertas se emplean como órgano de seguridad para independizar la tubería en caso de trabajos de mantenimiento de la misma.

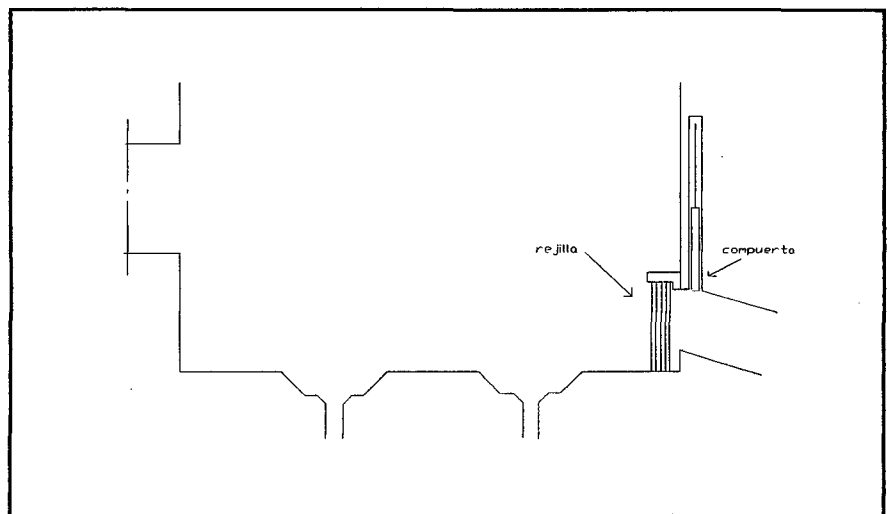


Fig.2.18. Cámara de Carga.

➤ **Chimenea de equilibrio o pozo piezométrico**

Si en lugar de un ducto, existe una galería de presión no será posible disponer en su extremidad de una cámara de carga abierta;

de otro lado no se puede conectar directamente la galería de presión con la tubería forzada por dos motivos principales:

1. Al disminuir, por razones de servicio, en forma violenta la carga de la central (y consiguiente cierre brusco del distribuidor de la turbina) la masa de agua en movimiento contenida en la galería de presión, debe reducir rápidamente su velocidad hasta cero y por el principio de la conservación de la energía, transforma su energía cinética en energía de presión, poniendo en peligro la estabilidad del concreto del revestimiento de la galería, que como se sabe- no siendo armado- no puede resistir el esfuerzo de tracción. además se incrementaría peligrosamente la presión la tubería forzada obligando a un sobredimensionamiento de la misma. El pozo piezométrico ubicado en el empalme de la galería con la tubería forzada., funciona por la tanto como **limitador o regulador de presión.**
2. Al aumentar rápidamente la carga de la central no se lograría acelerar de inmediato toda la masa del agua (miles y miles de m^3) existentes entre las obras de captación y las maquinas, así que disminuiría la presión nominal en el ducto forzado y por consiguiente la potencia de las máquinas no podría

corresponder a la potencia requerida por la carga. En este caso el pozo piezométrico funciona como **reservorio instantáneo**.

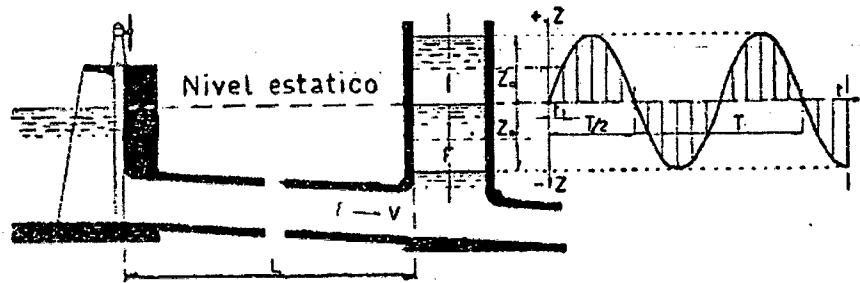


Fig. 2.19. Chimenea de equilibrio vertical

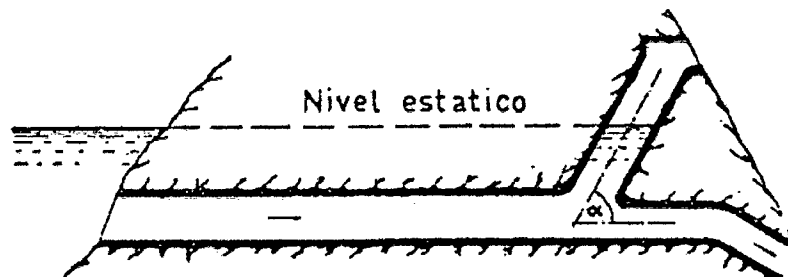


Fig. 2.20. Chimenea de equilibrio inclinado de sección constante.

2.2.2.9 Tubería forzada o de presión

Antes de penetrar en la rueda de la turbina, el agua recorre generalmente una tubería a presión dispuesta entre la cámara de carga (o la chimenea de equilibrio) y la sala de máquinas. Solamente en saltos de pequeña altura se puede hacer llegar directamente al

distribuidor de la turbina el agua procedente del canal (turbinas de cámara abierta). A veces, si la turbina es instalada en el cuerpo mismo de la represa, la tubería forzada se reduce a un corto tramo de galería blindada.

Podemos mencionar tres tipos de tuberías de presión empleadas en los saltos: metálicas, de hormigón pre-comprimido o armado y de Uralita.

Recordemos ante todo, la existencia de un coeficiente característico de las tuberías forzadas; se trata del producto: $D \times H$, donde D en metros, es el diámetro de la tubería y H la altura del salto (en metros). Este coeficiente puede fácilmente alcanzar el valor de 2,000 (m^2) para tuberías metálicas (límite alrededor de 2,500 m^2) y alrededor de 1,000 para tuberías en concreto armado pre-comprimido con caídas de 400 – 500 metros como máximo.

Esto quiere decir, por ejemplo, que una tubería metálica de un metro de diámetro puede ser empleada hasta 2,000 – 2,500 metros de caída y una tubería de 4 metros de diámetro se puede utilizar para caídas de 500 – 600 metros.

Es prudente utilizar las tuberías de hormigón armado no pre-comprimido con no más de 60 metros de caída y un producto $D \times H$ igual a 200 metros cuadrados, como máximo.

Las tuberías metálicas instaladas al interior de una galería en roca pueden ser del tipo auto resistente si en el cálculo no se tiene en cuenta la “colaboración” de la roca en soportar la presión interna del agua; o bien del tipo metálico aligerado si una parte del esfuerzo se transmite a la roca por intermedio del espesor de concreto inyectado entre tubería y roca, así que esta última interviene en soportar la presión hidráulica.



Fig. 2.21. Tubería forzada

Trazos y montaje de las tuberías forzadas metálicas:

- **Apoyos**

Estas tuberías se montan a menudo al aire y están apoyadas sobre macizos, generalmente de concreto. El trazo debe hacerse de modo que solo haya una alineación. Sin embargo no hay inconveniente importante en que existan otras alineaciones. Los cambios de rasantes deben estudiarse para que no haya tramos con mucha inclinación precedidos por otros de poca. Si no hubiera otra solución habría que instalar en el punto de cambio una válvula de entrada de aire.

En los puntos de cambio de rasante, axial como en los cambios de alineación, hay que establecer apoyos fijos llamados **anclajes**.

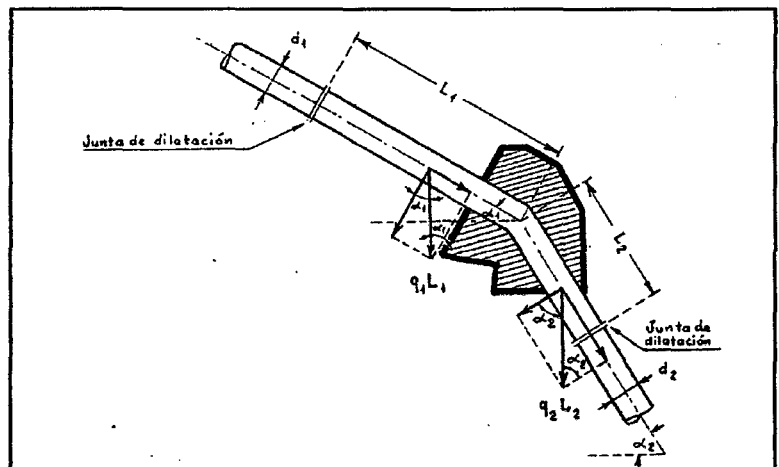


Fig. 2.22. Codo y Anclaje de Tubería forzada

- **Salida de la tubería**

La altura del agua debe ser mayor que la altura de la tubería para evitar la entrada de aire.

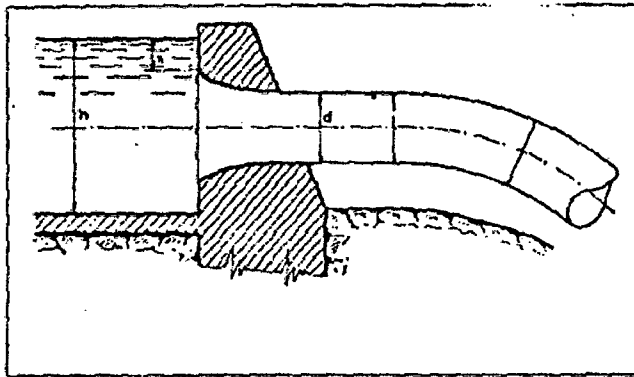


Fig. 2.23. Tubería forzada después de la cámara de carga

- **Anclaje de la tubería**

En los cambios de rasante de la tubería o en los cambios de sección de esta, es conveniente utilizar macizos de anclaje, que sirven para contrarrestar los esfuerzos que en aquella se presentan.

2.2.2.10. Válvula de Compuerta

Como observación hacemos notar que las válvulas de este tipo llevan un dispositivo de by-pass que permite el paso del agua de una a otra cara de la pantalla de la válvula, así que una vez equilibradas de este modo las presiones de ambas caras, la compuerta puede levantarse con menor esfuerzo.

Cuando tienen dimensiones importantes, estas válvulas se maniobran por medio de un servomotor, que funciona con la presión del agua procedente de la tubería forzada y que debe ser limpia y que no debe llevar arena que puede perjudicar el funcionamiento de los cilindros y mecanismo del servomotor. Por estas razones a veces se emplea aceite en presión en lugar del agua decantada en la tubería.

2.2.2.11. Válvula Mariposa

Son empleadas en saltos de no mucha altura pero de gran caudal. La pantalla es un disco que obtura la tubería y que gira sobre un eje diametral.

Se utilizan como órgano de seguridad para el cierre de las tuberías en su parte superior cerca de la cámara de carga o del pozo piezométrico, en los casos de saltos muy importantes con tuberías a la intemperie. En caso de rotura de tubo se cierra automáticamente la válvula mariposa.

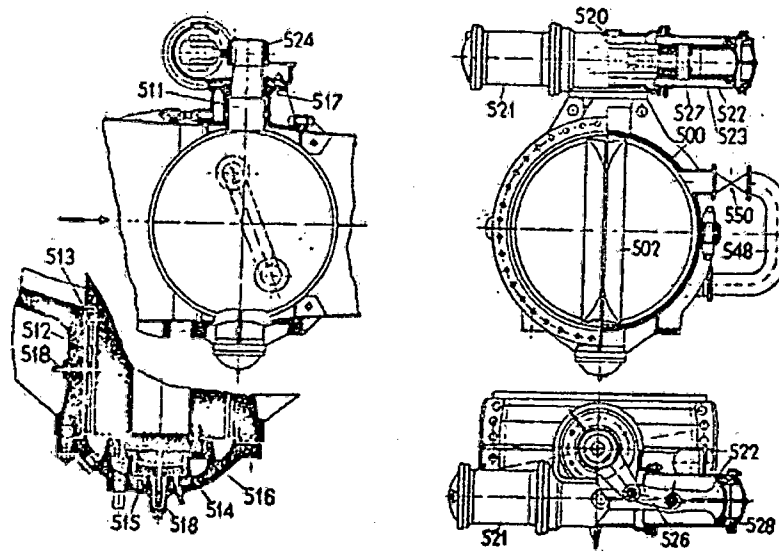


Fig. 2.24a. Planta y secciones de una válvula mariposa.

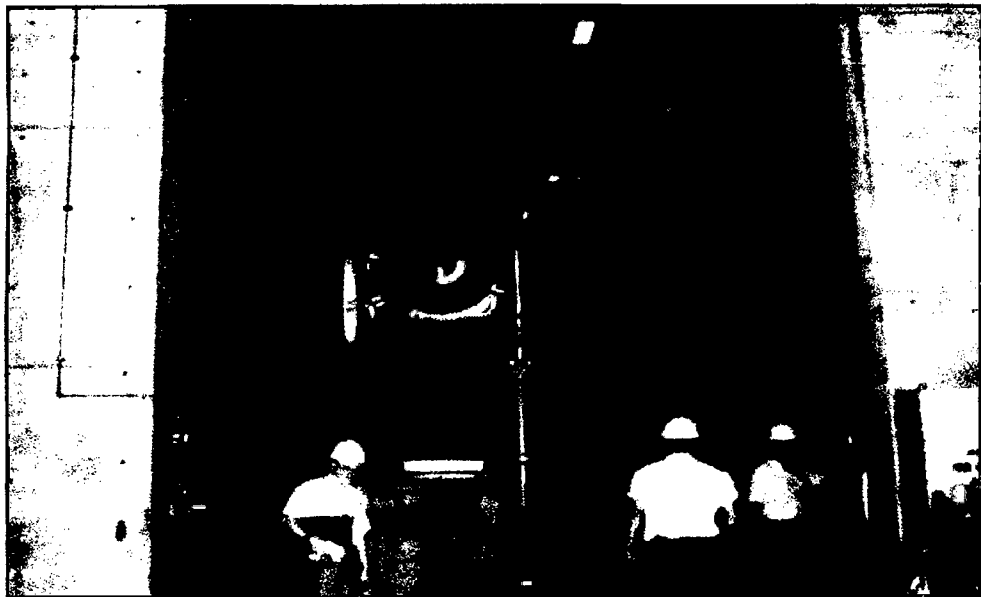


Fig. 2.24b. Válvula mariposa.

2.2.2.12. Válvula Esférica

Tiene la forma de una esfera y gira alrededor de un eje horizontal; la pérdida de carga que da origen es mínima; su cierre es estanco, pero no permite que este cierre sea rápido en caso de emergencia y para grandes caudales. Va también provista de by-pass; generalmente no puede servir como válvula de regulación. Se mueve por medio de servomotor.

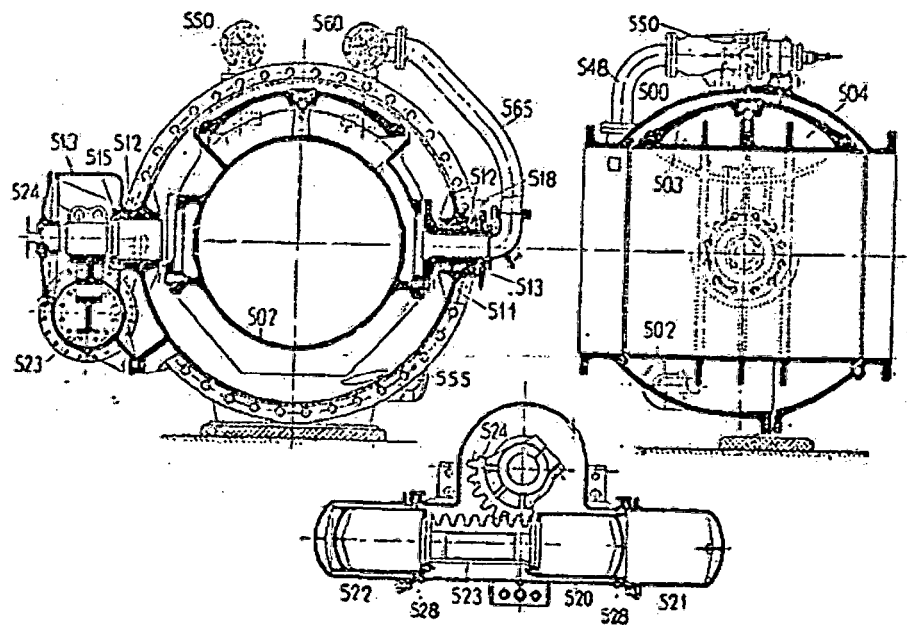


Fig. 2.25a. Planta y secciones de una Válvula Esférica.

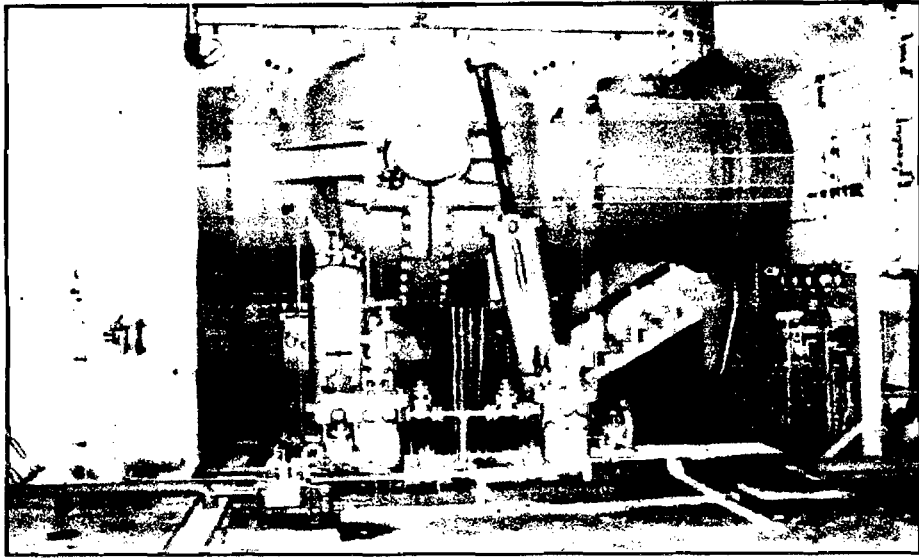


Fig. 2.25b. Válvula Esférica

2.2.2.13. La Sala de Máquinas

Es la construcción en donde se ubican las máquinas (turbinas, alternadores, etc.) y los equipos de regulación y mando.

En la figura 2.26 tenemos el corte esquemático de una central de caudal elevado y baja caída. La presa comprende en su misma estructura a la Casa de Máquinas.

Se observa en la figura que la disposición es compacta, y que la entrada de agua a la turbina se hace por medio de una cámara construida en la misma presa. Las compuertas de entrada y salida se emplean para poder dejar sin agua la zona de las máquinas en caso de reparación o desmontajes.

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 o generador.
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 de salida.
13. Puente grúa para maniobrar compuertas de entrada.

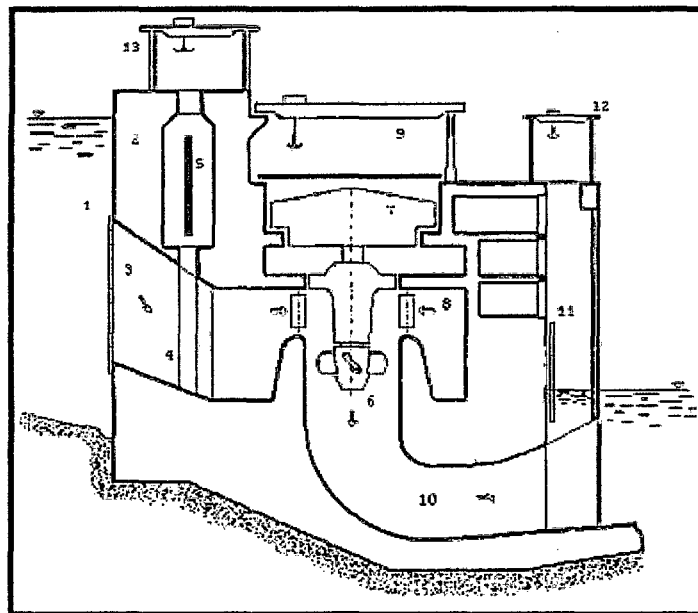


Fig. 2.26. Casa de Máquinas de una central de elevado caudal y baja caída.

En la figura 2.27 se muestra el croquis de una central de baja caída y alto caudal, como la anterior, pero con grupos generadores denominados "*a bulbo*", que están totalmente sumergidos en funcionamiento.

1. Embalse.
2. Conducto de entrada de agua.
3. Compuertas de entrada "izadas".
4. Conjunto de bulbo con la turbina y el alternador.
5. Puente grúa de las sala de máquina.
6. Mecanismo de izaje de las compuertas de salida.
7. Compuerta de salida "izada".
8. Conducto de salida.

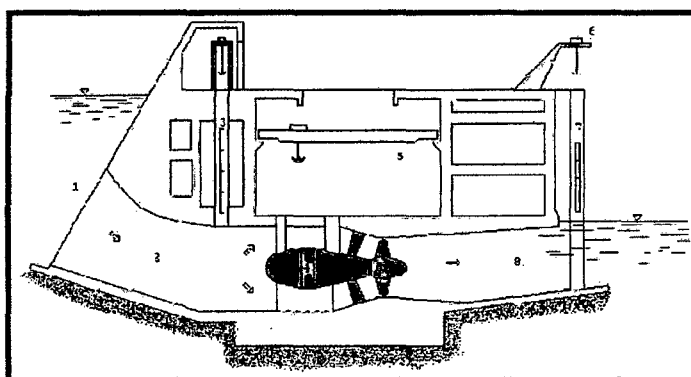


Fig. 2.27. Casa de Máquinas de una central de elevado caudal y baja caída.

En la figura 2.28 se muestra el corte esquemático de una central de caudal mediano y salto también mediano, con la sala de máquinas al pie de la presa.

El agua ingresa por la toma practicada en el mismo dique, y es llevada hasta las turbinas por medio de conductos metálicos embutidos en el dique.

1. Embalse.
2. Toma de agua.
3. Conducto metálico embutido en la presa.
4. Compuertas de entrada en posición de izada.
5. Válvulas de entrada de agua a turbinas.
6. Turbina.
7. Alternador.
8. Puente grúa de la central.
9. Compuerta de salidas "izada".
10. Puente grúa para izada de la compuerta de salida.
11. Conducto de salida.

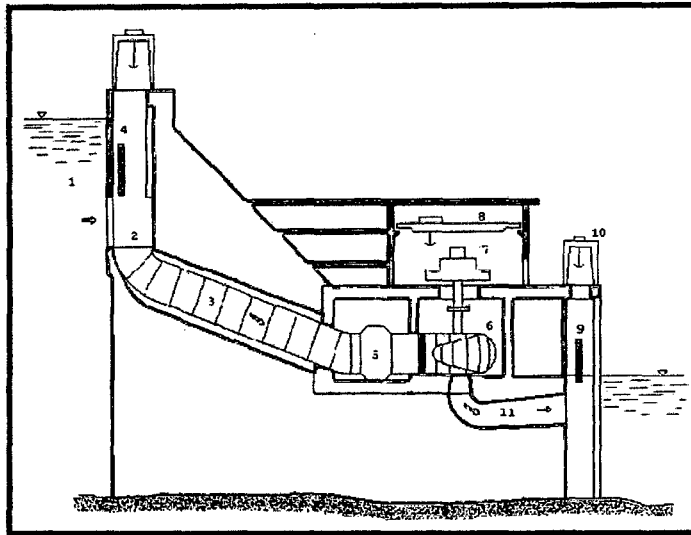


Fig.2.28. Casa de Máquinas de una central de caudal mediano y salto mediano.

En la figura 2.29 tenemos el esquema de una central de alta presión y bajo caudal. Este tipo de sala de máquinas se construye alejada de la presa.

El agua llega por medio de una tubería a presión desde la toma, por lo regular alejada de la central, y en el trayecto suele haber una chimenea de equilibrio.

La alta presión del agua que se presenta en estos casos obliga a colocar válvulas para la regulación y cierre, capaces de soportar el golpe de ariete.

1. Conducto forzado desde la chimenea de equilibrio.
2. Válvula de regulación y cierre.
3. Puente grúa de sala de válvulas.
4. Turbina
5. Alternador.
6. Puente grúa de la sala de máquinas.
7. Compuertas de salida, en posición "izadas".
8. Puente grúa para las compuertas de salida.
9. Conducto de salida (tubo de aspiración).

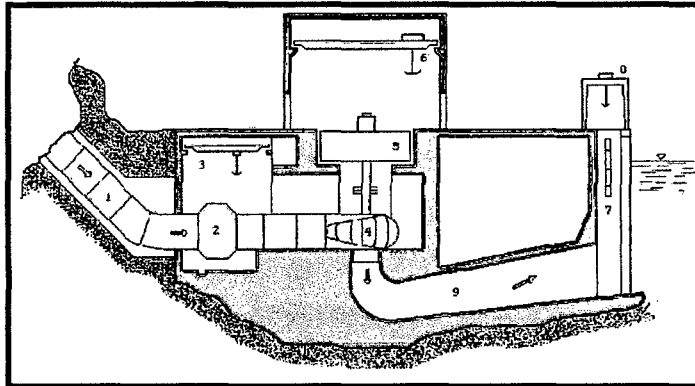


Fig.2.29. Casa de Máquinas de una central de alta presión y bajo caudal.

2.2.2.14 Turbinas

En la Cámara de Turbinas se encuentran los elementos auxiliares de control, y la propia turbina. Según las características de los saltos de agua, de la altura del caudal, estas se pueden clasificar en tres tipos; de PELTON; de KAPLAN o de FRANCIS.

Las primeras se utilizan en grandes saltos y caudales regulares, las de Francis en centrales de saltos intermedios y caudales variables, y las Kaplan en sitios de poca altura y caudales variables.

El eje de la turbina en todos los casos es solidario con el del generador, de tal manera que al presionar el agua sobre los alabes de la turbina este girará induciendo una alta corriente y una baja tensión en el generador.

Los canales de desagüe están encargados de recoger el agua a la salida de la turbina, teniendo que devolverla al cauce del río, pero debido a que la velocidad del agua es importante, resulta peligroso su poder de erosión, por lo que hay que revestir adecuadamente las paredes para su protección.

En la sala de máquinas se encuentran los grupos generadores de energía eléctrica, así como también los elementos auxiliares, pudiendo ser éstos exteriores o subterráneos.

➤ **Tipos de turbinas**

Hay tres tipos principales de turbinas hidráulicas: La rueda Pelton, la turbina Francis y la de hélice o turbina Kaplan. El tipo más conveniente dependerá en cada caso del salto de agua y de la potencia de la turbina. En términos generales: La rueda Pelton conviene para saltos grandes. La turbina Francis para saltos

medianos. La turbina de hélice o turbina Kaplan para saltos pequeños.

a) Turbinas Pelton

Las turbinas del tipo de acción, como la Pelton, constan de un inyector que transforma la energía de presión del agua en energía cinética. La velocidad de salida del chorro del fluido llega en ocasiones a 150 m/s, de tal manera que es necesario que estén fabricados en acero muy duro para lograr una duración satisfactoria. A pesar de ello y a causa de las ocasiones en que el agua llega mezclada con impurezas hace que se limite su vida útil a 4.000 horas tanto en los elementos móviles de inyector como para la válvula de aguja.

Precisamente esta válvula de aguja del inyector es la encargada de variar el flujo del agua que llega a los álabes o cucharas de la turbina de una manera automática para conseguir que la velocidad de giro sea constante. El elemento sensor suele ser el conocido como de bolas, que se mueve en sincronismos con la turbina. A girar el eje, la fuerza centrífuga hace subir las bolas, actuando sobre el circuito de presión de aceite de la válvula del inyector.

En la figura 2.30 se muestra un croquis de la turbina en conjunto para poder apreciar la distribución de los componentes

fundamentales. Un chorro de agua convenientemente dirigido y regulado, incide sobre las cucharas del rodete que se encuentran uniformemente distribuidas en la periferia de la rueda. Debido a la forma de la cuchara, el agua se desvía sin choque, cediendo toda su energía cinética, para caer finalmente en la parte inferior y salir de la máquina. La regulación se logra por medio de una aguja colocada dentro de la tobera. Este tipo de turbina se emplea para saltos grandes y presiones elevadas.

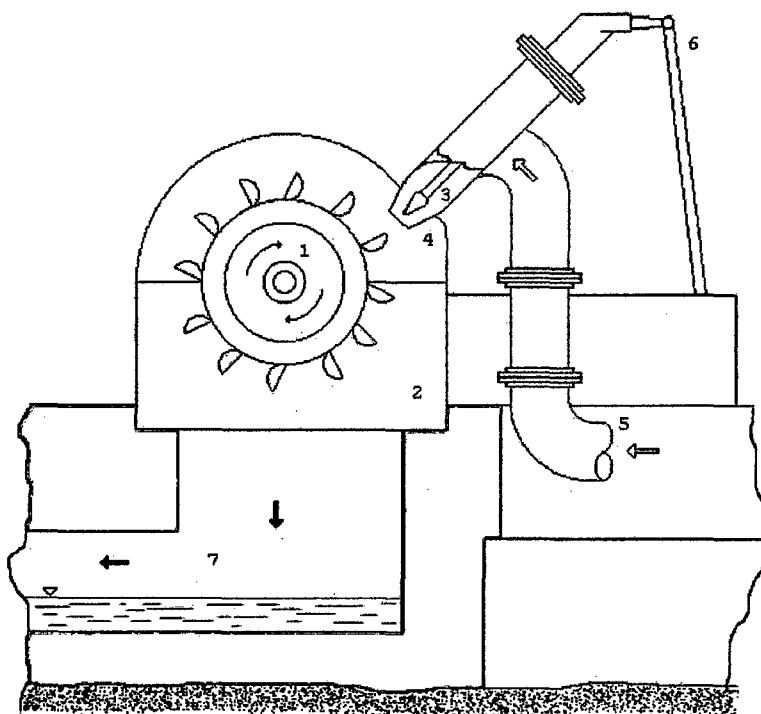


Fig. 2.30. Sistema de una Turbina Pelton.

1. Rodete
2. Cuchara
3. Aguja
4. Tobera
5. Conducto de entrada
6. Mecanismo de regulación
7. Cámara de salida



Fig. 2.31. Turbina Pelton.

b) Turbinas Francis

En las turbinas de tipo de reacción de álabes fijos Francis, la regulación de velocidad se consigue de la misma forma que en la anteriormente descrita, pero la actuación del elemento de control se realiza sobre el distribuidor, variando el flujo de agua del rodete, consiguiéndose de esta manera que la velocidad se estabilice independientemente de las variaciones de la carga.

La **turbina Francis** fue desarrollada por James B. Francis. Se trata de una turbina de reacción de flujo interno que combina conceptos tanto de flujo radial como de flujo axial.

Las turbinas Francis son turbinas hidráulicas que se pueden diseñar para un amplio rango de saltos y caudales, siendo capaces de operar en rangos de desnivel que van de los diez metros hasta varios cientos de metros. Esto, junto con su alta eficiencia, ha hecho que este tipo de turbina sea el más ampliamente usado en el mundo, principalmente para la producción de energía eléctrica mediante centrales hidroeléctricas.

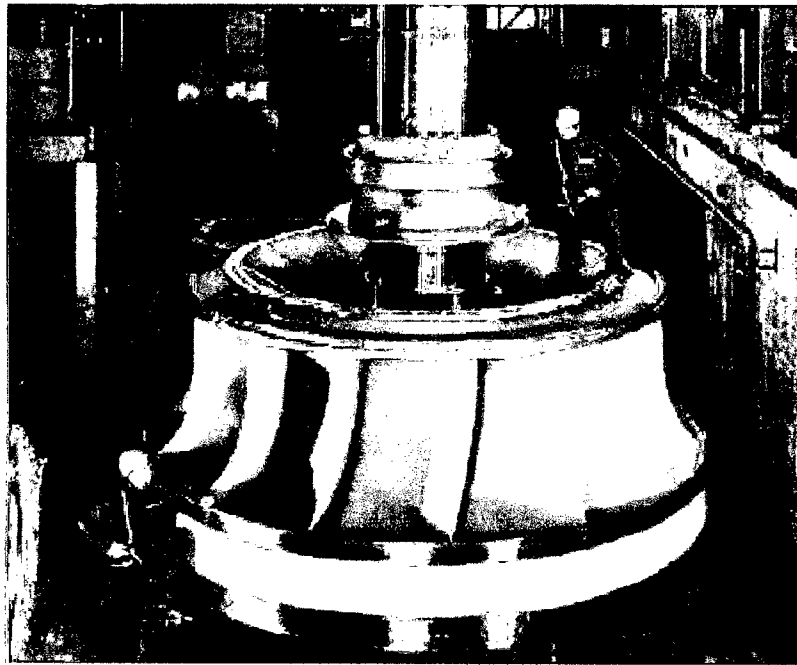


Fig. 2.32. Turbina Francis.

c) Turbinas Kaplan

Las turbinas de tipo Kaplan tienen los álabes móviles, estando el sistema de servocontrol en el mismo cuerpo de la turbina. El

rendimiento de estas turbinas es óptimo, aunque su costo es superior al de los otros por la complejidad de su construcción.

En los casos en que el agua sólo circule en dirección axial por los elementos del rodete, tendremos las turbinas de hélice o Kaplan. Las turbinas Kaplan tienen álabes móviles para adecuarse al estado de la carga. Estas turbinas aseguran un buen rendimiento aún con bajas velocidades de rotación. La figura muestra un croquis de turbina a hélice o Kaplan.

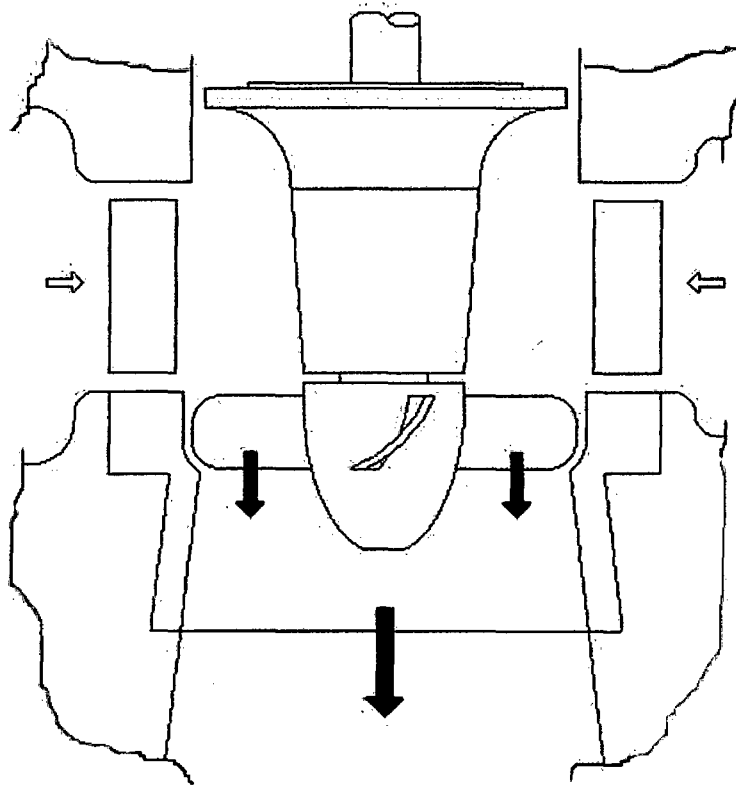


Fig. 2.33. Turbina Kaplan.

➤ **Potencia de las Turbinas Hidráulicas**

Como sucede en todas las máquinas, durante el funcionamiento de las turbinas se producen pérdidas de energía que determinan el rendimiento de aquéllas. Las principales causas que producen estas pérdidas de energía son:

- Lanzamiento del agua en el distribuidor.
- Pérdidas en el rodete producidas por el choque de entrada y por el cambio brusco de velocidad de los filetes de agua que salen del distribuidor y chocan con los bordes de los álabes del rodete.
- Rozamiento del agua en el tubo de aspiración.
- Distancia que hay entre el distribuidor y el rodete, por donde se escapa una parte del agua.
- Resistencias pasivas en los cojinetes, gorriones, etc.
- Velocidad de salida del agua, que aunque pequeñas, es necesaria para que el agua salga al exterior de la turbina.

El conjunto de todas estas pérdidas determina el rendimiento de la turbina. En las turbinas modernas, el rendimiento es elevado y oscila entre 0,85 y 0,95.

En una misma turbina, los rendimientos son muy variables y dependen, naturalmente, del caudal ya que la altura del salto es

constante. A falta de otros datos, las turbinas se proyectan para que sus rodets den el máximo rendimiento a los $3/4$ de carga, es decir, para un caudal igual a tres cuartos del máximo admisible. De esta forma, se consigue que las turbinas no tengan un rendimiento excesivamente bajo a carga parcial, teniendo en cuenta que, por lo general, durante el año, trabajan más horas a carga parcial que a plena carga.

Velocidad específica

Se denomina velocidad específica de una turbina hidráulica a la velocidad a la cual trabajaría una turbina exactamente homóloga (es decir, de la misma forma constructiva pero más reducida), desarrollando una potencia de 1 CV, bajo un salto de 1 m.

La velocidad específica es un índice para determinar, en cada caso, cuál es el tipo de turbina más apropiado. En efecto, según pruebas experimentales efectuadas, las turbinas tienen buen rendimiento sólo entre ciertos límites de su velocidad específica. Por ello, dicha velocidad específica ha de servir de indicador para la elección de la turbina más conveniente en cada caso.

2.2.2.15. Generador

Es una máquina eléctrica generadora de corriente alterna que consiste en un dínamo cuyo inducido es un carrete abierto que gira entre uno o

varios pares de polos alternados (norte-sur), o bien, inversamente, en un electroimán multipolar que gira dentro del inducido. Se encuentra ubicado dentro de la Casa de Máquina.

2.2.2.16. Parque de distribución.

La tensión obtenida es igual o inferior a 20kV. Con los transformadores se eleva a la tensión adecuada para su transporte. En el parque de distribución, la central se conecta a la red de transporte. Este transporte se realiza mediante las líneas de alta tensión.

2.2.3 Funcionamiento de una Central

La presa retiene el agua del río provocando un embalsamiento y un aumento del nivel del agua. A pie de presa está la sala de máquinas con los grupos turboalternadores. El agua llega a las turbinas a través de un conducto forzado alimentado desde el embalse por las presas de agua, equipadas con compuertas y enrejados. La energía potencial del agua embalsada se convierte en energía cinética al abrir las compuertas del conducto y se comunica al rodillo de la turbina, que se pone a girar, y el agua sale de nuevo al río por los canales de desagüe. Solidario al eje de la turbina, está el rotor del alternador y un generador de corriente continua que genera un campo magnético en las bobinas del rotor, con lo cual se produce en el bobinado del estator una corriente alterna de tensión mediana y elevada intensidad. Con los transformadores se

eleva la tensión y a través del parque de distribución o directamente se alimentan las líneas de la red de transporte.

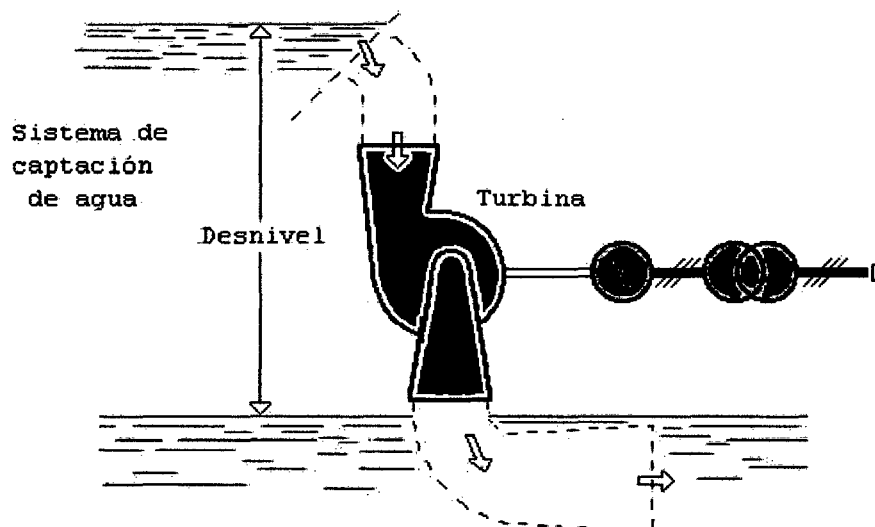


Fig. 2.34. Esquema de una Central Hidroeléctrica.

2.2.4 Las Centrales Hidroeléctricas y el Medio Ambiente

Desde el punto de vista medioambiental, siempre se ha considerado que la electricidad de origen hidráulico es una alternativa energéticamente no contaminante. No obstante, la construcción de una central hidroeléctrica comporta cierto impacto en el medio ambiente.

Ventajas

- Es renovable.
- No se consume. Se toma el agua en un punto y se devuelve a otro a una cota inferior.
- Es completamente segura para personas, animales o bienes.

- No genera calor ni emisiones contaminantes (lluvia ácida, efecto invernadero...)
- Genera puestos de trabajo en su construcción, mantenimiento y explotación. Requiere inversiones muy cuantiosas que se realizan normalmente en comarcas de montaña muy deprimidas económicamente.
- Genera experiencia y tecnología fácilmente exportables a países en vías de desarrollo.

Otras ventajas

- Disponibilidad: Es un recurso inagotable, en tanto en cuanto el ciclo del agua perdure.
- "No contamina" (en la proporción que lo hacen el petróleo, carbón, etc.): Nos referimos a que no emite gases "invernadero" ni provoca lluvia ácida, es decir, no contamina la atmósfera, por lo que no hay que emplear costosos métodos que limpien las emisiones de gases.
- Produce trabajo a la temperatura ambiente: No hay que emplear sistemas de refrigeración o calderas, que consumen energía y, en muchos casos, contaminan, por lo que es más rentable en este aspecto.
- Almacenamiento de agua para regadíos.
- Permite realizar actividades de recreo (remo, bañarse, etc.).
- Evita inundaciones por regular el caudal.



Fig. 2.35. Canal para regadío en las proximidades de Alloz.

Inconvenientes

- Altera el normal desenvolvimiento en la vida biológica (animal y vegetal) del río.
- Las centrales de embalse tienen el problema de la evaporación de agua. En la zona donde se construye aumenta la humedad relativa del ambiente como consecuencia de la evaporación del agua contenida en el embalse.
- En el caso de las centrales de embalse construidas en regiones tropicales, estudios realizados han demostrado que generan, como consecuencia del estancamiento de las aguas, grandes focos infecciosos de bacterias y enfermedades.
- Los sedimentos se acumulan en el embalse empobreciéndose de nutrientes el resto de río hasta la desembocadura.

- Las presas son obstáculos insalvables por salmones y otras especies que tienen que remontar los ríos para desovar.
- El agua embalsada no tiene las condiciones de salinidad, gases disueltos, temperatura, nutrientes, y demás propiedades del agua que fluye por el río.

CAPÍTULO III

EVALUACIÓN DE LA MINICENTRAL HIDROELÉCTRICA

3.1 INFORMACIÓN BÁSICA

Las actividades en estudio se caracterizan por:

- Son localidades o caseríos dispersos
- Población total menor a los 20,000 habitantes
- Área de influencia en un radio de acción menor de 20 Km.

En relación al recurso hídrico se caracteriza por:

- Ciclos hidrológicos irregulares (los caudales aumentan durante los meses de Octubre a Abril)
- La información hidrológica y meteorológica en esta zona es escasa

3.2 UBICACIÓN GEOGRÁFICA

El área de estudio se encuentra ubicada en:

Distrito : Independencia

Provincia : Huaraz

Región : Ancash

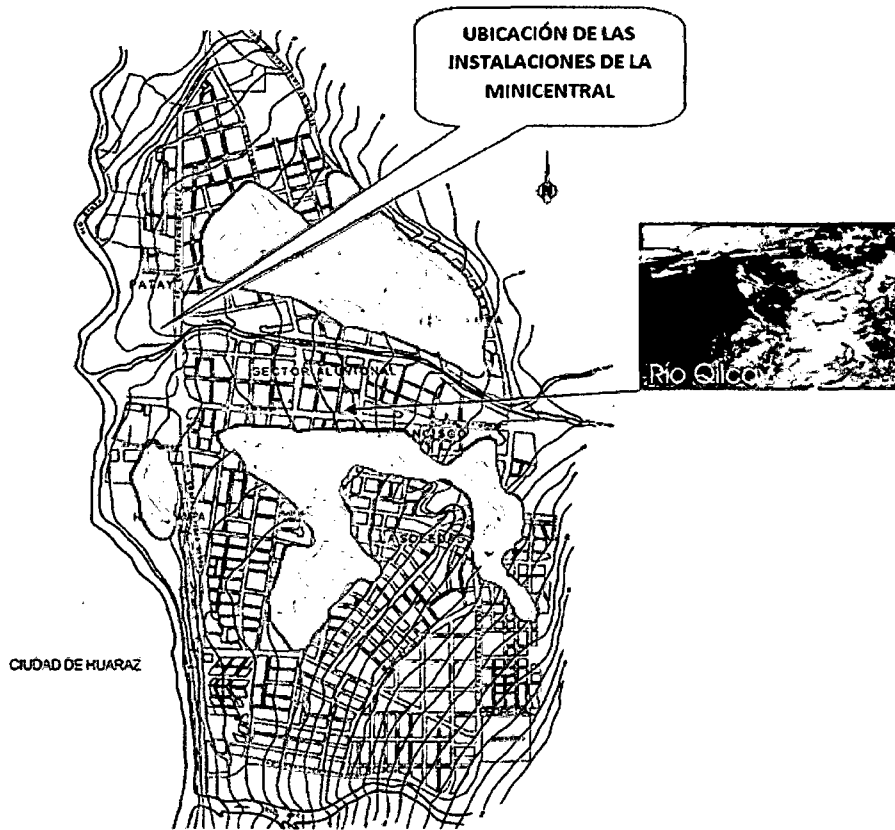


Fig. 3.1 Ubicación de la Minicentral Hidroeléctrica

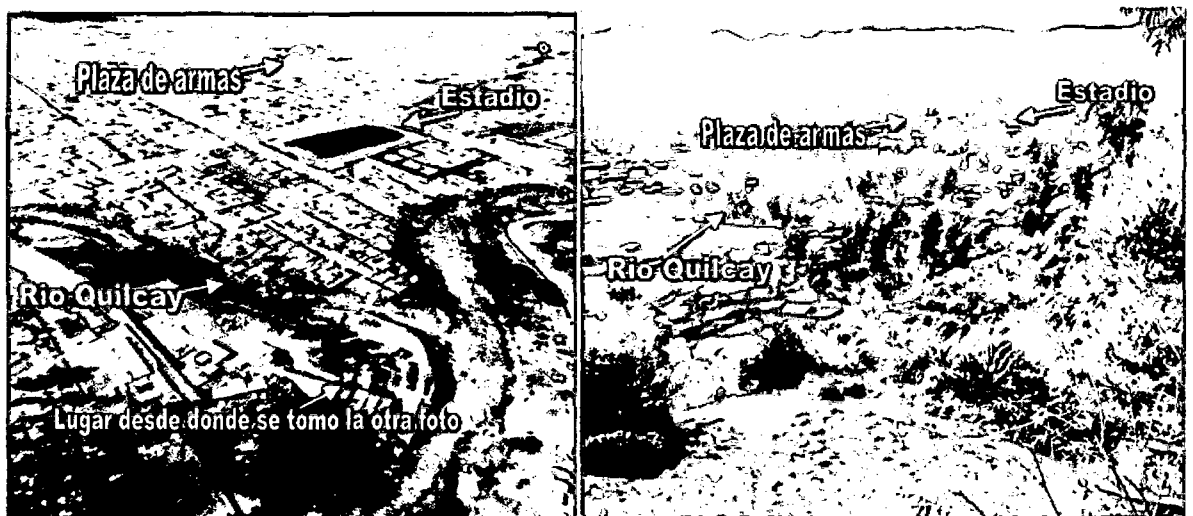


Fig. 3.2a Ubicación satelital de la Minicentral Hidroeléctrica



Fig. 3.2b Ubicación satelital de la Minicentral Hidroeléctrica

El área en estudio se encuentra en una altura entre 3,050 y 4,200 m.s.n.m. El medio de comunicación es por vía terrestre, tiene un clima variado, con lluvias frecuentes durante los meses de de Noviembre a Abril. La temperatura media anual es de 15°C.

3.3 POBLACIÓN Y VIVIENDA

El número de habitantes en la actualidad es de 5,290 aproximadamente.

3.4 ACTIVIDAD ECONÓMICA

La actividad económica de la zona en estudio es la agricultura y comercio ambulatorio eventual. Los productos que se cosechan son utilizados para su alimentación y los remanentes son comercializados. Son productores de maíz,

trigo, habas, papa, quinua, etc. Complementan esta actividad agrícola con la ganadería en pequeña escala.

3.5 RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

La información recolectada es:

- Se realizó el aforo del agua procedente de las infiltraciones subterráneas en la parte superior del área en estudio en época de estiaje, obteniéndose el caudal promedio de 0.030 m³/seg. de agua.
- Se efectuó el levantamiento topográfico de la ubicación de las estructuras hidráulicas: Reservorio, desarenador, cámara de carga, tubería de presión, casa de fuerza, canal de descarga o restitución.
- Se eligieron canteras de materiales de construcción: agregados rocas.

3.6 PROYECCIÓN DE LA DEMANDA DE ENERGÍA ELÉCTRICA

3.6.1. Sector doméstico y alumbrado público

A. *PRONOSTICO DE POBLACIÓN:*

Sobre la base de los datos censales y aplicando la expresión:

$$Pf(t) = Po(1 + \frac{r \cdot t}{100})$$

Donde

Pf: población futura

Po: población actual

r: tasa de crecimiento demográfico

t: es el tiempo

Calculamos las tasas de crecimiento, siendo las más representativas para este distrito $r = 1.1$.

Remplazando datos, calculamos la población futura para un periodo $T = 10$ años, para una población actual $P_o = 5290$ habitantes

$$Pf(t) = 5290 * \left(1 + \frac{1.1 * 10}{100}\right)$$

$$Pf(t) = 5872 \text{ Habitantes}$$

B. ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA ACTUAL:

La demanda actual se puede estimar mediante la siguiente tabla:

Tabla 3.1. Demanda Actual para Distintas Poblaciones

POBLACIONES (habitantes)	DEMANDA DE POTENCIA
500 – 1,000	15 Kw – 35 Kw
1,000 – 2,000	35 Kw – 80 Kw
2,000 - 4,000	80 Kw – 180 Kw
4,000 – 10,000	180 Kw – 500 Kw
10,000 – 20,000	500 Kw – 1,200 Kw

Se ha supuesto que la potencia instalada per cápita W/hab. Sea de 30 w – 60 w por habitante.

En primer lugar se considera la demanda actual proporcionada por la tabla, en función el número de habitantes.

En segundo lugar, se corrige dicha demanda de acuerdo al nivel de vida social y a las demandas especiales, tales como las industrias, la agricultura, etc.

C. ESTIMACIÓN DE LA DEMANDA FUTURA:

La demanda futura se calcula para un periodo de 10 años.

La tasa de incremento de la demanda de energía eléctrica se puede estimar en un 4% - 10% anual, según las características del crecimiento anual de la población.

Para nuestro caso:

Número de habitantes actual: 5,290

La demanda actual será la siguiente:

$$\text{Demanda actual} = \frac{180+500}{2} = 340 \text{ Kw}$$

Se considera solo el 10% de la demanda actual, pues el 90% restante es cubierto por Hidrandina, el cual equivale solo a 34Kw.

Con fines agrícolas se requiere para el funcionamiento de 04 motobombas de 15 Kw C/U, con un total de 60 Kw.

Demanda Actual total: 94 Kw.

Crecimiento anual de la demanda de energía: 1.5%

Demanda para un futuro de 10 años:

$$94 \text{ Kw} * (1 + 0.015)^{10} = 109 \text{ Kw.}$$

3.7 EVALUACIÓN DEL RECURSO HÍDRICO

La disponibilidad de agua en la zona de captación es la proveniente de las filtraciones de agua almacenada en los colchones vegetales de la superficie del micro cuenca colectora de Cruz Pampa a 4200 m.s.n.m. con un caudal de 0.030 m³/s. en época de estiaje.

Además se utilizará el agua procedente del bombeo del río Quilcay y almacenada en el reservorio de la parte superior con un caudal de salida de 0.030 m³/s, haciendo un total de 0.060 m³/s.

CAPÍTULO IV

ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD

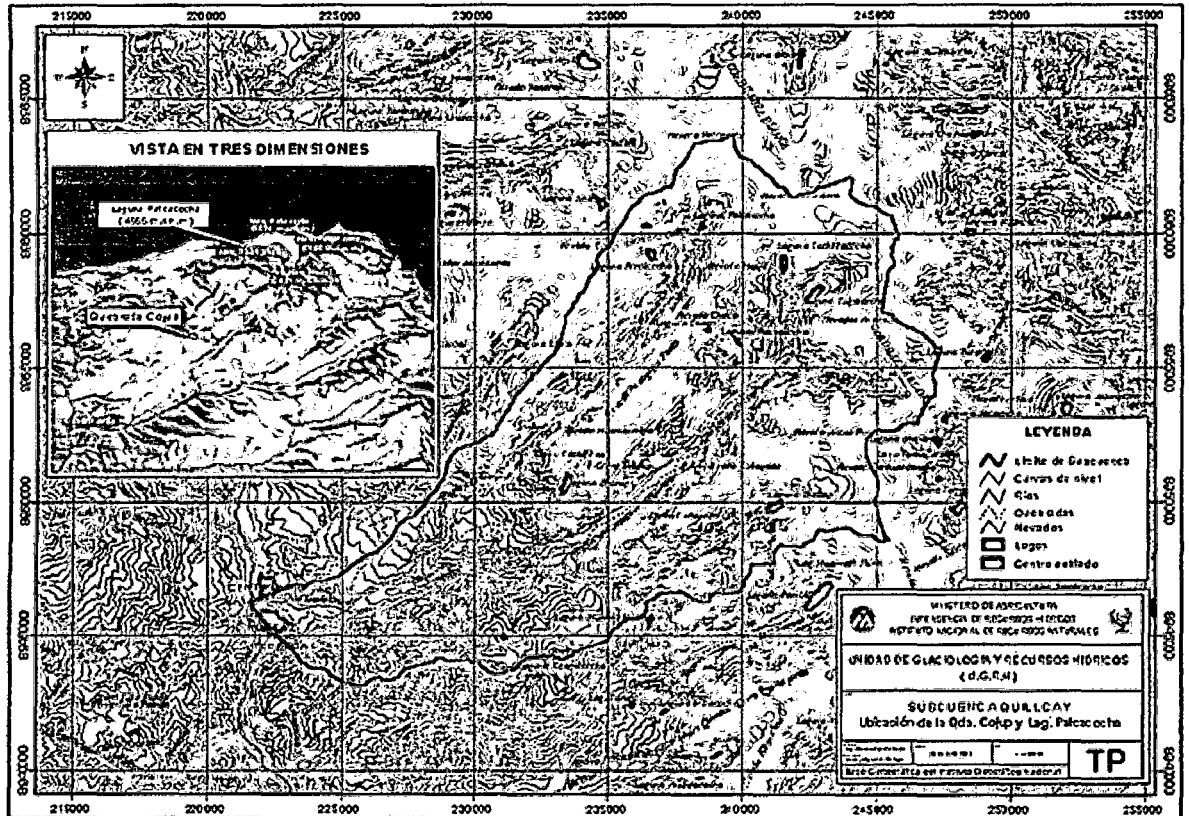
4.1 ESQUEMA DEL PROYECTO

De los resultados anteriores, queda definido el esquema del proyecto y las características de los principales equipos y materiales que lo conforman.

4.1.1 Análisis Topográfico

De la información topográfica llevada a cabo IN SITU, la Central Hidroeléctrica tiene las siguientes características:

- Es una Central en zona montañosa.
- De caída mayor de 25 m.
- De agua fluyentes, equipada con turbina Pelton.
- Central de base.
- Central con desarrollos múltiples: irrigación, piscicultura (en proyecto).



**Fig. 4.1 Central Hidroeléctrica en zona montañosa
Plano de curvas de nivel de la cuenca del río Quilcay**

Las partes que conforman esta obra son:

- Cámara de carga – Desarenador.
- Obras de demasía o excedencia.
- Conducto forzado al exterior.
- Casa de fuerza al exterior.
- Obras de descarga o restitución.

4.1.2 Análisis de la Capacidad Instalada

Como conclusión del análisis topográfico, estimamos la caída necesaria para obtener la capacidad instalada calculada en el estudio de demanda eléctrica a partir de:

$$P = K \times H \times Q$$

$$H = P / (K \times Q)$$

Donde

$$Q(\text{m}^3/\text{s}) = \text{Caudal de diseño } 0.060 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$H(\text{m}) = \text{Caída a estimarse}$$

$$P(\text{kW}) = \text{Potencia obtenida del estudio de demanda } 109 \text{ kW}$$

$$K = \text{Constante que varía de } 7.5 \text{ a } 8 \text{ (} K=7.5 \text{)}$$

Remplazando los valores obtendremos:

$$H = 242.22 \text{ m.}$$

RESUMEN:

Hasta este nivel de estudio del proyecto tenemos los siguientes resultados:

- Caudal de diseño: $0.060 \text{ m}^3/\text{s}$.
- Caída estimada: 242.22 m

4.1.3 Ingeniería del Proyecto

Con la finalidad de facilitar los diseños, el estudio integral lo dividimos en tres grupos:

- Obras civiles
- Equipo hidroeléctrico
- Obras eléctricas

4.2 OBRAS CIVILES

Comprende:

- Vías de acceso para las diferentes partes del proyecto, lo cual nos permitirá depositar el material necesario en el lugar de la obra.
- Transporte de material, equipos y herramientas a utilizarse.
- Trazo y replanteo general del proyecto de acuerdo a planos.

4.2.1 Cámara de Carga

Estructura hidráulica que une la sección normal del canal y la tubería de presión.

A. FUNCIONES DE LA CÁMARA DE CARGA:

- Almacenar un volumen de reserva de agua que satisfaga la necesidad de la turbina durante los aumentos bruscos de demanda.

- Impedir la entrada en la tubería de presión, de materiales sólidos de arrastre.
- Sedimentar los materiales sólidos que vienen por el canal, para su eliminación.
- Desalojar el exceso de agua en las horas en que el caudal consumido por las turbinas es inferior al caudal de diseño y eventualmente por el incremento de caudal debido a las lluvias.
- Disipar la energía de sobre presión originada por el cierre o apertura del distribuidor de la turbina.

B. CONSIDERACIONES CONSTRUCTIVAS:

- Antes de la entrada a la tubería se colocara una rejilla para evitar la entrada de material flotante que pueda dañar la turbina, con una inclinación de 30° con la vertical, facilitando así su limpieza.
- Llevará una compuerta antes de la entrada en la tubería, la cual permitirá regular el caudal.
- Tendrá un vertedero de demasías para evacuar el sobrante o el total del caudal por cierre de la turbina.
- Deberá preverse de una compuerta de fondo para eliminar los sedimentos acumulados que no fueron alimentados por el desarenador.

C. ESTRUCTURAS QUE LO COMPONEN

- Longitud de transición, cuya función es reducir las pérdidas de cargas debidas al cambio brusco de sección y/o pendientes en el canal de conducción al momento de entregar a la cámara de carga. La longitud mínima se calcula:

$$L = 2.25(P-b)$$

- Desarenador, estructura que permite la sedimentación de materiales sólidos arrastrados por el agua. Para su diseño se tiene en cuenta:
 - La velocidad del agua varía entre 0.1 a 0.4 m/seg.
 - El diámetro máximo del grano debe estar entre 0.15 a 0.4m.
 - La profundidad media varía entre 1.50 y 4 m.
 - La pendiente transversal varía de 1.5 a 1.8.
 - La pendiente longitudinal del canal central de la cámara de sedimentación de la entrega del canal hasta la entrada a la compuerta de desarenación es de 2%.
 - La velocidad de salida de agua debe ser de 3 – 5 m/seg.
 - Las dimensiones de la Cámara de Carga – Desarenador se obtienen con los datos anteriores de las tablas Nos. 16–1 y 16–2 de la *Guía para la Elaboración de Proyectos de*

Pequeñas Centrales Hidroeléctricas del Ing. Tsuguo Nozaki, obteniéndose las siguientes medidas:

$$Q = 0.060 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$a = 1.20 \text{ m (ancho de la cámara de carga)}$$

$$l = 1.00 \text{ m. (longitud de transición)}$$

$$L = 3.70 \text{ m (longitud de la cámara de carga - desarenador)}$$

4.2.2 Cobras de Demasía o Excedencia

Estructura que descarga el agua sobrante al canal de regadío, desde el vertedero de la cámara de carga. Se recomienda empalmar el vertedero con el canal de limpia del desarenador de la cámara de carga.

4.2.3 Conducto Forzado al exterior

Conducen el agua desde la cámara de carga a las turbinas. La solución para el tendido de la tubería es la superficial, con anclajes en todos los cambios de dirección, con apoyos intermedios y juntas de dilatación cuando sea necesario. Al encontrarse la tubería en la superficie, facilita su revisión, mantenimiento y reparación.

A. SALTO BRUTO:

Es la diferencia de cotas entre el espejo de agua en la cámara de carga.

Cota cámara de carga: 3,646.49 m

Cota casa de fuerza: 3,392.85 m

$$H_b = 253.64 \text{ m}$$

B. SALTO NETO:

La energía potencial de agua en la cámara de carga, no puede aprovecharse en un 100% debido a las pérdidas hidráulicas, estas son:

- Pérdida por remolinos
- Pérdidas por fricción en tramos rectos sin cambio de dirección y sección uniforme.

El salto neto aprovechable H_n resulta:

$$H_n = H_b - h_i$$

Donde:

$$H_b = 253.64 \text{ m (salto bruto)}$$

$$H_i = 9.90 \text{ m (pérdida de carga desde la cámara descarga hasta el final del tubo de aspiración)}$$

$$H_n = 243.74 \text{ m} > H = 242.22 \text{ m.}$$

Las pérdidas de carga consideradas son:

- Pérdidas en la entrada (h1).
- Pérdida en codos (h2).
- Pérdida en tramos rectos (h3).
- Pérdidas en la válvula de admisión a la tubería (h4).
- Pérdidas en la reducción para la válvula (h5).
- Pérdidas en la cámara de carga por rejillas (h6).
- Pérdidas en la tubería (h7).
- Pérdidas en la salida del tubo de aspiración (h8).

C. DIÁMETRO DE LA TUBERÍA:

Generalmente se usa tubería metálica de plancha de acero estructural de fabricación nacional SIDERPERU PG – 21, de fluencia mínima 2,100 Kg/cm².

Asignado el caudal de diseño, se determina el diámetro del tubo para que se produzcan unas pérdidas de carga de 0.50 – 2.0 m. por 100 m. de longitud de tubo, empleando la tabla N° 17-1 de la *Guía para la Elaboración de Proyectos de Pequeñas Centrales Hidroeléctricas* del Ing. Tsuguo Nozaki, para $Q = 0.060 \text{ m}^3/\text{s}$. Se tiene:

$$D = 0.20 \text{ t} = 8''$$

D. ESPESOR DE LA TUBERÍA:

Definido el diámetro de la tubería y conocido la caída bruta, se calcula el espesor requerido por la tubería para soportar una sobre presión por golpe de ariete; mediante la tabla 17 – 2 de la misma guía para pequeñas centrales hidroeléctricas.

El espesor de la tubería, incluyendo impactos, corrosión y deformaciones es:

$$E = 6 \text{ mm (1/4")}$$

E. JUNTAS DE DILATACIÓN:

Estructuras metálicas que se usan para evitar las variaciones de longitud de tubería:

- Si aumenta la temperatura, sufre dilatación.
- Si disminuye la temperatura, sufre contracción.

La disposición es la de instalar juntas de dilatación cada 30 metros de longitud de tubería instalada.

F. BRIDAS.

Estructuras metálicas soldadas en las superficies extremas de los tubos.

Su dimensionamiento se efectúa siguiendo las recomendaciones de las NORMAS ANSI B16 _5

G. ANCLAJES Y APOYOS.

Al ir la tubería al exterior del suelo, tendrá que colocarse sobre apoyos, los cuales reciben a la tubería sobre una superficie lisa (concreto o plancha de acero), para que ésta resbale con facilidad al variar la longitud.

- Se colocarán anclajes en cada cambio de dirección.
- La separación entre apoyos varía entre 5 y 6 m



Fig. 4.2. Tubería Forzada

4.2.4 Casa de Fuerza

El tamaño se calcula para dar cabida a las turbinas, generadores y al equipo de interruptores y tableros.

Debe tener acceso para facilitar el transporte y montaje de maquinaria, así como la posterior puesta en operación y mantenimiento.

El peso que soportaran los cimientos de la casa de máquinas será comparable al de los edificios de uso doméstico o industrial ligera.

Los cimientos y conductos de agua son diseñados de acuerdo a los planos de fundación, donde se indicarán las medidas horizontales, verticales y separación entre ejes y su costo es calculado de acuerdo al tipo de turbina propuesto, en nuestro caso "Pelton".

4.2.5 Obras de Descarga o Restitución

Es un canal por el que se descarga el agua turbinaza, desde la casa de máquinas hasta la quebrada Paccha.

La gradiente se determina en base a la topografía del terreno.

La sección es rectangular y sus paredes y fondo son de concreto sin revestir.

4.3 EQUIPO HIDROELÉCTRICO

4.3.1 Válvula de Admisión

La válvula de admisión es del tipo compuerta, la apertura y cierre puede hacerse tanto manual como eléctricamente desde el tablero de control.

Para el accionamiento eléctrico, en la parte superior de la válvula está ubicado un motor eléctrico, un dispositivo de control provisto de swichts, ordena la detención del motor cuando ha llegado a sus posiciones extremas.

4.3.2 Turbina Hidráulica

Las turbinas hidráulicas son del tipo PELTON estandarizadas.

Los parámetros principales de la turbina son las siguientes:

- Altura neta $H_n = 140.00 \text{ m}$
- Caudal total $Q = 0.060 \text{ m}^3/\text{s}$
- Número de unidades $N^* = 1 \text{ Und}$
- Potencial del grupo $P = 120 \text{ kW}$

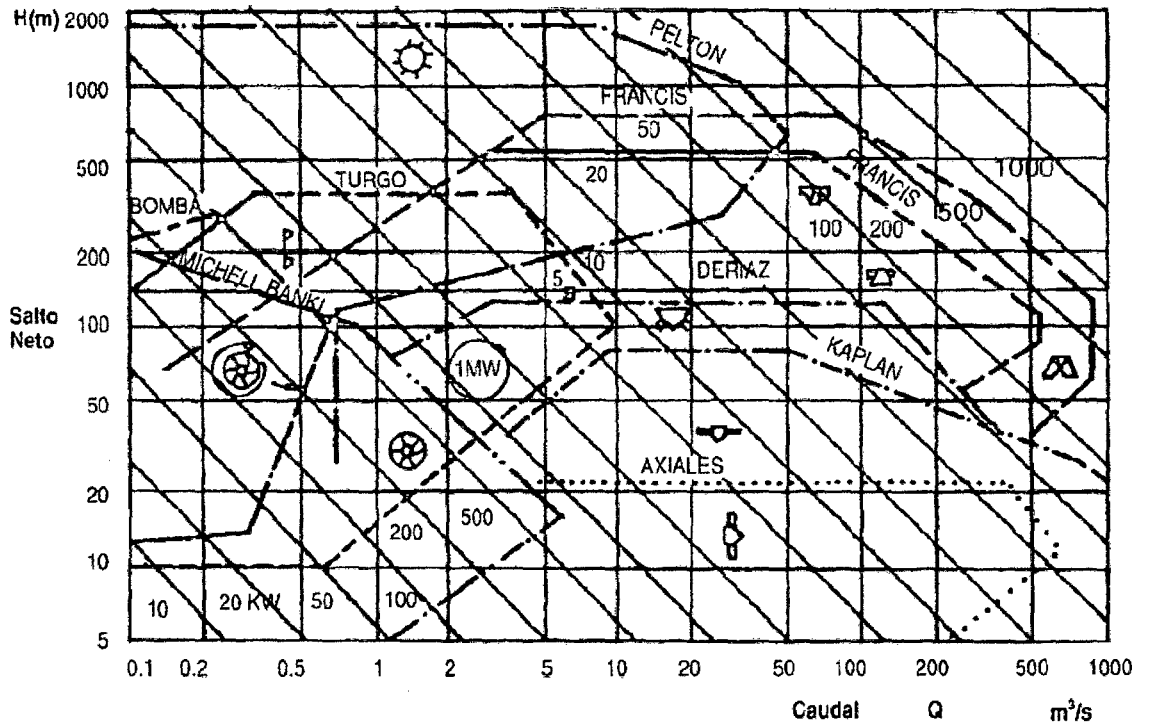
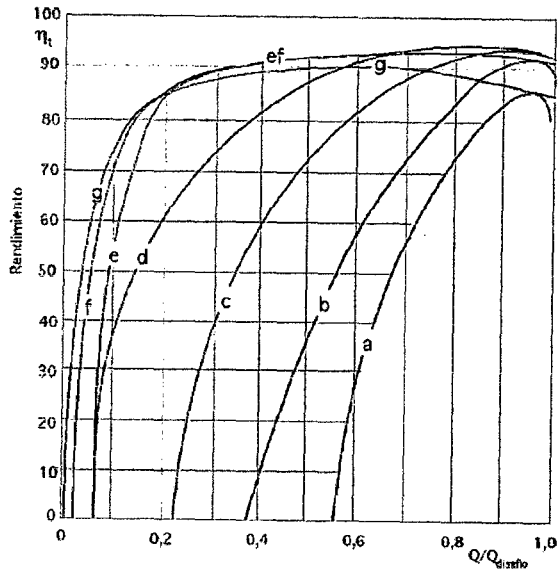


Diagrama N° 4.1. Selección tipo de Turbina



(a) Turbina hélice: $n_s = 1050$ (curva en gancho); (b) Turbina hélice: $n_s = 650$; (c) Turbina Francis: $n_s = 500$; (d) Turbina Francis: $n_s = 250$; (e) Turbina Kaplan: $n_s = 230$; (f) Turbina Kaplan: $n_s = 500$; (g) Turbina Pelton: $n_s = 10$ a 30 (curva plana)

Fig II.5.- Rendimiento total de diferentes tipos de turbinas

Diagrama N° 4.2. Rendimiento total de diferentes tipos de turbinas

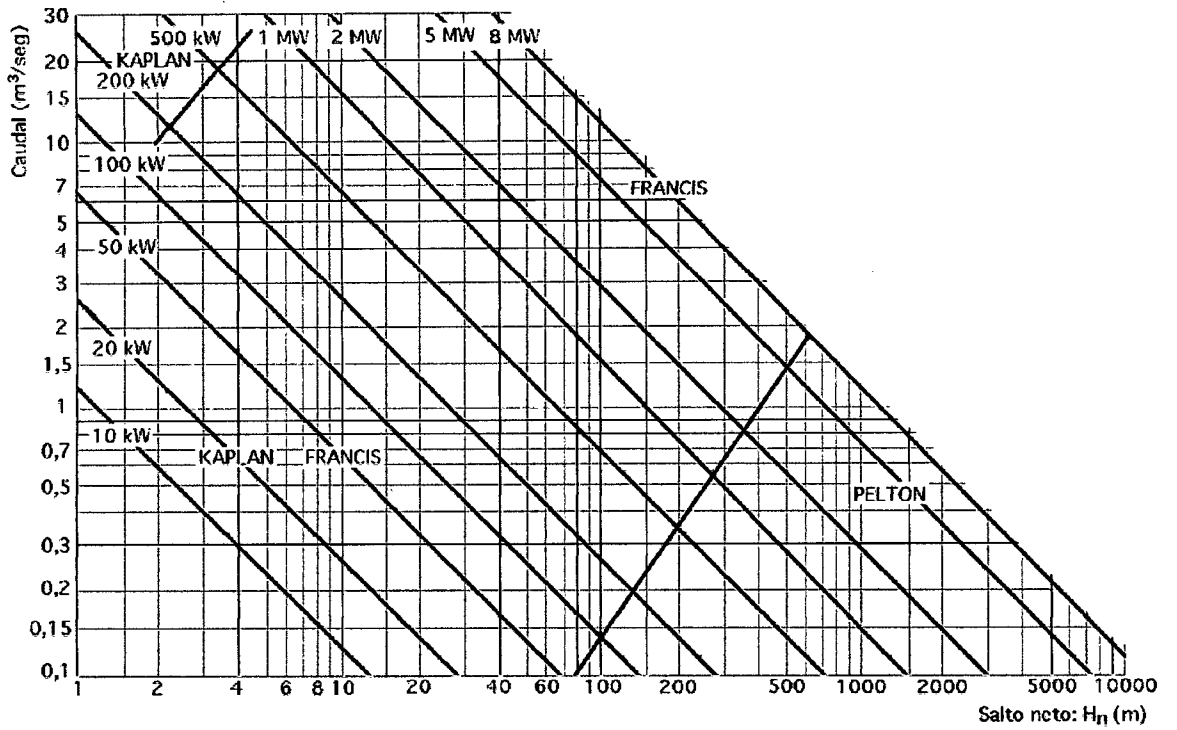


Diagrama N° 4.3. Para el cálculo de las potencias de las turbinas

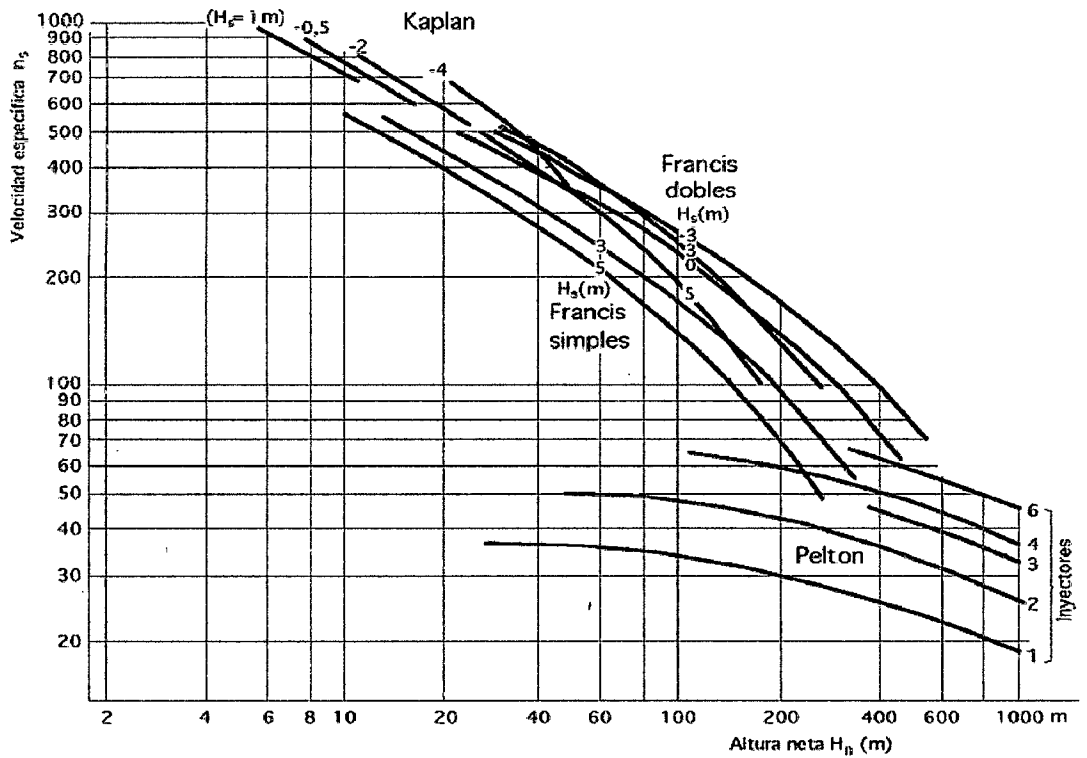


Diagrama N° 4.4. Clasificación de turbinas en función de $H_n=f(n_s)$

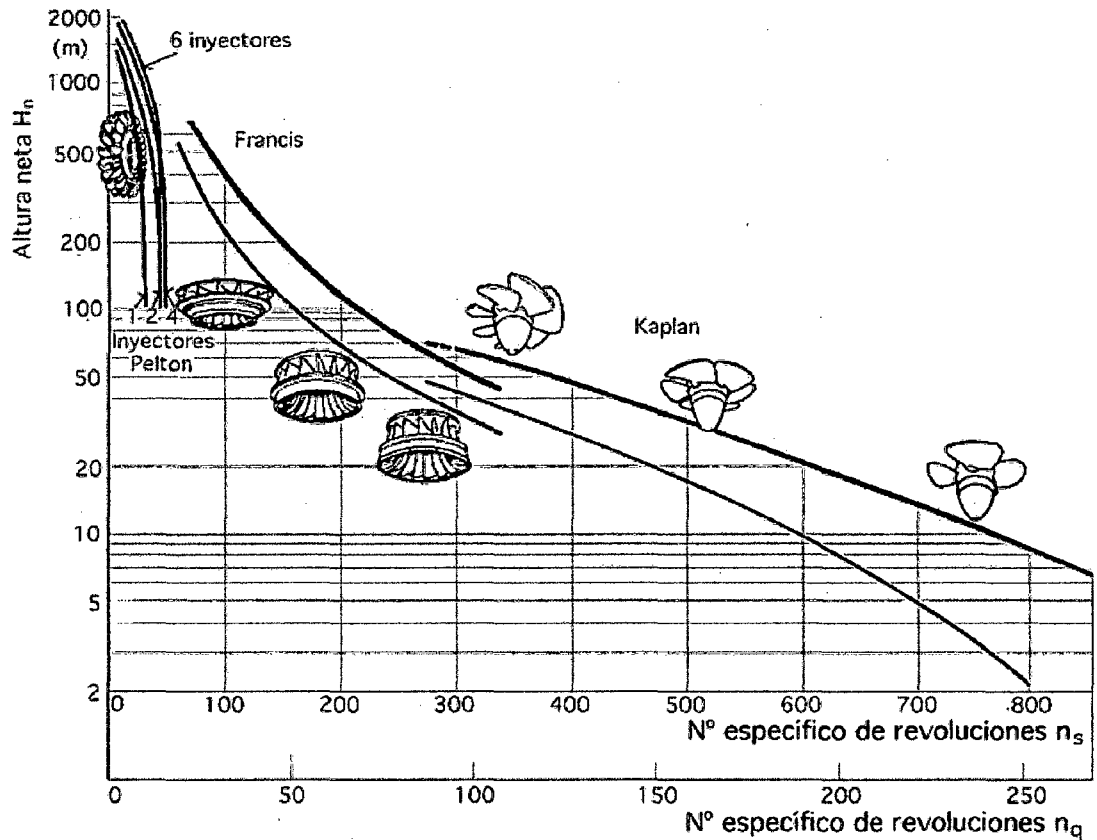


Diagrama N° 4.5. Campo de aplicación de los diferentes tipos de turbina

4.4 PREPARACIÓN DE TERRENO Y REPLANTEO

➤ **Accesos Provisionales:**

Será necesario construir accesos provisionales hacia las distintas obras, las que serán establecidas afuera de los sitios de las obras definidas. Acceso a la toma, canal, reservorio, desarenador, cámara de carga, casa de máquinas.

➤ **Preparación del sitio de la Obra:**

Antes de empezar los trabajos el terreno estará limpio de vegetación, malezas y desperdicios, hasta dejarlos libres de obstáculos y elementos que puedan ser nocivos o impidan un replanteo preciso.

➤ **Replanteo de las Obras:**

El replanteo consistirá en la determinación precisa sobre el terreno, de los ejes, formas y niveles necesarios para desarrollar las obras, se empleará para ello los materiales e instrumentos necesarios para hacer el trabajo con precisión y lograr una presentación firme y clara de los ejes y ubicación de los elementos constructivos.

➤ **Excavaciones y Rellenos**

Las Excavaciones se ejecutaran hasta las formas y niveles de corte de mostrados en los planos o indicados por el ingeniero responsable.

La modificación de las formas y profundidades de excavación, se efectuara cuando se encuentre rellenos, suelos o rocas inestables o de dudosa resistencia portante, serán aprobados por escrito por el ingeniero responsable.

Todo material suelto será removido, procediéndose a un desquinche y limpieza cuidadosa antes de colocar el relleno o concreto, cualquier excavación en exceso de las líneas indicadas en los planos o aprobadas

por el ingeniero, será rellena de la misma calidad, que aquel indicado para la estructura que apoya en la superficie excavada.

4.5 CIMENTACIÓN DE ESTRUCTURAS HIDRÁULICAS

Las excavaciones de las estructuras hidráulicas se efectuarán teniendo en cuenta las cotas marcadas en los planos correspondientes; en el caso de encontrar roca, ya sea en forma de afloramiento generalizado, a manera de botones deberán ser dinamitadas en forma que no se altere en demasía la construcción de la roca matriz, luego de la voladura se procederá a quitar todo el material suelto y en caso de ser necesario se repondrá los niveles con mezcla de concreto ciclópeo con una resistencia no menor a $f'c = 140 \text{ kg/cm}^2$

La resistencia del suelo deberá verificarse para que cumpla la condición de resistencia mínima de 1.0 kg/cm^2 . No deberá excederse del nivel de cimentación especificados en los planos e igualmente los fondos deberán ser refinados solamente antes de producirse el vaciado. No deberá anegarse con agua los niveles de cimentación para no alterar el contenido óptimo de humedad propia del suelo.

4.6 MACIZOS DE ANCLAJE Y MUROS DE SOSTENIMIENTO

Las excavaciones para estos elementos se realizarán dentro de las dimensiones de los planos, en caso de encontrarse el suelo bien compactado se puede obviar el uso de los encofrados, perfilando convenientemente las paredes laterales, las mismas que deberán guardar las dimensiones mínimas marcadas en los planos,

los excedentes excavados se rellenaran con la misma mezcla correspondiente al elemento estructural.

No deberá excederse de los niveles marcados en los planos, y todo exceso será repuesto con mezcla de concreto ciclópeo no menor a $F'c = 140 \text{ kg/cm}^2$.

4.7 MUROS DE SOSTENIMIENTO Y EDIFICACIONES

Además de tener las características correspondientes a las anteriores, podrán efectuarse para obviar el encofrado si las condiciones del terreno del terreno a si lo permiten, en tal caso deberá dársele una sección mayor de por lo menos 5 cm. de ancho, los vacíos que pudieran producirse se rellenaran con la misma mezcla.

4.8 RELLENOS

Comprende el movimiento de tierras a efectuarse para cubrir los espacios excavados y no ocupados por la cimentación, o el aumento de la cota del terreno natural en base a muros. El material a utilizarse será el material existente en el lugar, salvo que su calidad no sea conveniente, se recurrirá al material de préstamo.

➤ CIMENTACIONES:

Las cimentaciones de los elementos de las obras de captación, desarenador y cámara de carga, así como los macizos de anclaje de la tubería forzada y cimientos de casa de maquinas, han sido previstos en

función de las cargas y solicitaciones que efectivamente impondrá las estructuras.

4.9 MATERIALES

Se empleará concreto pobre, concreto ciclópeo, simples o armado, según se indica en los planos preparados según las especificaciones correspondientes.

Previamente, al empleo de concreto armado, en las obras de captación, desarenador y cámara de carga, se prepara un solado de concreto pobre $f_c = 100 \text{ kg/cm}^2$ que permitirá obtener una superficie uniforme para el vaciado de concreto armado.

En la cimentación del equipo en la casa de maquinas se empleará concreto $f_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$, en los cimientos corridos se empleara concreto 1:10 + 30% P.G.

En los sobrecimientos corridos se usara concreto 1:8 + 25% P.M.

4.10 COLOCACIÓN

Se procederá a la colocación del concreto solo después de que se haya removido todo el material suelto y el ingeniero responsable haya verificado las dimensiones mínimas de excavación. En caso de no haberse alcanzado terreno firme dentro de los limites indicados en los planos, el ingeniero responsable podrá ordenar la profundización o ampliación de la excavación hasta alcanzar

nivel que, a su juicio, ofrezcan condiciones adecuadas para apoyar las estructuras pertinentes.

El ingeniero podrá disponer la remoción de rellenos existentes, hasta lograr niveles de cimentación adecuados.

➤ **CONCRETO**

Las fuentes de abastecimiento de todos los materiales, como cemento, agregados y agua, serán aprobadas por escrito por el ingeniero responsable antes de que los materiales sean entregados en obra.

El cemento será de tipo porlland y deberá cumplir con las normas y especificaciones ASTM, serán entregados en optimas condiciones y serán almacenados en zonas protegidas del contacto con el agua, esto es bajo techo y aislado del contacto directo con la tierra, de manera de evitar la pre hidratación e inicio de fraguado, el mismo que puede apreciarse por el endurecimiento del material, así en el cemento se forman costras o terrones o si ha sido afectado por cualquier motivo, deberá ser removido inmediatamente. Su utilización será en orden de llegada.

➤ **AGREGADOS:**

El agregado grueso deberá estar constituido por grava partida, graduada dentro de los límites específicos para el tipo de mezcla que desee obtenerse. Se empleará agregados gruesos de las siguientes dimensiones:

- Concreto estructural de muro 1”
- Concreto estructural en vigas y columnas ¾”
- Concreto simple en macizos y soporte de anclaje 1”

El agregado fino deberá ser limpio, libre de sustancias orgánicas, sin partículas que pasen la malla N° 200, vale decir, sin sustancias en los siguientes porcentajes:

- Terreno de arcilla 1%
- Carbón de piedra y lignito 1%
- Material que pase por el tamiz N° 200 3%

El agregado frío está constituido por arena fina natural o manufacturada

El agregado fino a usar en las estructuras hidráulicas (en contacto con agua), no deberá obtener sustancias reactivas en los álcalis del cemento en cantidad que puede causar expansiones excesivas.

El peso del agregado fino no deberá ser menor del 30%, ni mayor del 50% de los agregados finos y gruesos.

El agregado grueso y fino deberá almacenarse separadamente en la obra. No serán almacenados en condiciones con polvo u otras materias extrañas.

➤ **AGUA:**

El agua para la preparación de la mezcla será limpia, sin sustancias nocivas a dicha preparación, el agua se suministrara en cantidad suficiente para todas las necesidades de la obra, incluyendo la mezcla en concreto curado y limpieza de equipo, herramientas.

Deberá tenerse en cuenta que para concreto con resistencia $f_c = 210 \text{ kg/cm}^2$ deberá usarse como máximo una relación agua/cemento de 0.50 y para las demás relaciones agua/cemento no menor de 0.45.

Esta se utilizará cuando no sea posibles datos de resistencia de coladas de ensayo o experiencias de campo.

➤ **MEZCLADO:**

El procedimiento de preparación de mezcla, se tendrá en cuenta las proporciones de material grueso, fino, cemento y agua que resulten en los ensayos frente al material propuesto a usar, recomendándose dosificación por peso en cada colada de material, aunque si no es posible, se podrán mezclar los materiales por volumen, empleando cajas o latas concreteras calibradas al efecto, siendo responsabilidad del ingeniero alcanzar las resistencias especificadas en los planos.

➤ **TRANSPORTE:**

El concreto será transportado del lugar de mezclado al de su colocación, tan rápido como sea posible, utilizando medios que impidan la segregación, pérdida o adición de sus componentes, los vehículos o latas concreteras empleadas al efecto deberán mantenerse limpias.

El tiempo máximo de manipuleo de la mezcla hasta su vaciado deberá ser menor de 15 minutos, salvo que se utilicen retardadores de fragua.

➤ **VACIADO, COMPACTADO Y CURADO:**

El concreto será colocado tan pronto como sea posible luego del mezclado, será vaciado en forma continua entre las juntas de construcción permitidas por el ingeniero.

Los vaciados se efectuaran sobre las superficies limpias, ya sea con encofrados, limpiando previamente las armaduras. El concreto será cuidadosamente compactado por medio de vibradores a fin de lograr una distribución pareja del material, la eliminación de poros o cangrejas.

Los cortes del vaciado se efectuarán teniendo en cuenta el comportamiento de los elementos estructurales en las zonas donde se encuentran solamente contracciones.

El curado del concreto se iniciara inmediatamente después de su fraguado, mediante el riego permanente de agua, procurando que todo el

tiempo las coladas permanezcan humedecidas por espacio de tiempo no menor a los siete días.

No se permitirá la mezcla o colocación de concreto cuando la temperatura del medio ambiente sea inferior a 5°C.

➤ **PROPORCIÓN DE CONCRETO: RESISTENCIA**

La proporción y resistencia mínima exigida en los concretos a usarse serán las siguientes:

- Para concreto sin aire incorporado:

ESTRUCTURA	RESISTENCIA MÍNIMA A COMPRESIÓN 28 DÍAS (Kg/cm ²)	DOSIFICACIÓN DEL CEMENTO (Kg/m ³)
Cimentación de maquinas	210	300 -350
Muros de encauzamiento	140	190
Fundaciones centrales	210	350
Paredes y fondo de canal	140	190
Losas, vigas, columnas	210	300 - 350

La cantidad de agua será la mínima necesaria para lograr una mezcla plástica y trabajable y en ningún caso deberá excederse de 6.5 gln/bls de cemento, incluyendo el agua libre de los agregados.

Las proporciones entre el agregado y el cemento, para cualquier mezcla plástica y homogénea, que no segregue ni acumule agua libre en su superficie y que al vaciar el concreto, este se deposite rápidamente en las esquinas y ángulos alrededor de las barras de refuerzo

Las cantidades de agua, serán controladas cuidadosamente, no permitiéndose agregar más agua de la necesaria a la mezcla para hacerla más fluida.

El asentamiento (slump) máximo permitido será igual a 3”

➤ **ENCOFRADOS**

Los encofrados serán construidos y apoyados en forma tal que permanezcan suficientemente rígido durante el vaciado del concreto, para lograr las formas y dimensiones indicadas en los planos.

Se emplearan materiales y métodos constructivos que impidan la fuga de lechada de cemento o mortero de cemento (concreto). Se podrá utilizar moldes metálicos o de madera, siendo estos últimos de más fácil adquisición.

Las superficies interiores serán lisas y sin asperezas, o sea en caso de ser encofrados de madera, estas serán cepilladas para el efecto de caravista, pues las estructuras merecerán un ligero tratamiento de acabado a base

de tartajeo. Previamente las maderas serán traídas con petróleo o sustancias similares que impidan la adherencia al concreto.

➤ **ARMADO**

Los encofrados serán armados de madera que puedan resistir los esfuerzos causados por la mezcla al momento de su vaciado, sin sufrir deformaciones, vale decir, debidamente estructuradas mediante pies derechos, refuerzos laterales, apuntalamiento horizontal; tales elementos deberán estar perfectamente alineados según planos y en caso cuando se trate de estructuras esbeltas, podrá encofrarse parcialmente de acuerdo al programa de vaciado de concreto.

➤ **DESENCOFRADO**

Los encofrados serán removidos sin golpeo o vibraciones que pudieran dañar en concreto, deberán transcurrir los siguientes tiempos mínimos antes de proceder a la remoción de los encofrados:

- Superficies verticales (costado de vigas, muros, columnas) : 24 horas
- Elementos estructurales de trabajo horizontal : 8 días
- Losas (no Sobre cargadas) : 8 días
- Losas (con Sobrecarga) : 28 días
- Fondo de vigas (pies derechos) : 16 días

➤ **SELLOS HIDRÁULICOS**

Los elementos estructurales de las obras hidráulicas, que por su misma naturaleza merezcan tratamientos diferentes en sus juntas de unión, deberán impermeabilizarse mediante “SELLOS HIDRÁULICOS” a base de mezcla bituminosa asfáltica en caliente, con proporción 1:5 para su colado (asfaltado – arena fina).

Estos elementos de sellado, deberán tener un ancho de 1” y una profundidad de 2”.

Luego de vaciado en caliente, se efectuara el “CALAFATEO” correspondiente a relleno posterior.

Los sellos deberán colocarse indefectiblemente en todas las juntas de los elementos estructurales que irán en contacto con las aguas, ya sea eventualmente o en forma permanente.

➤ **ACERO DE REFUERZO**

En todos los casos, se respetaran los diámetros propuestos en los planos para los elementos del concreto armado, con la utilización de acero nacional grado 60, corrugado para los diámetros superiores a ¼”.

Las barras corrugadas de acero, laminadas en caliente, tendrá un esfuerzo de fluencia $F_y = 4200 \text{ kg/cm}^2$. El alambre que se utilizara en el amarre de los elementos de acero será de tipo negro N° 16.

En todo caso se recurrirá a las normas nacionales de concreto para los efectos no previstos en las presentes especificaciones.

➤ **ANCLAJES**

Los anclajes de los elementos de acero serán de acuerdo a las normas, pero en ningún caso menor de 20 veces el diámetro de acero correspondiente, dichos anclajes se efectuara fuera de la zona de trabajo de material.

➤ **EMPALMES**

Cuando los elementos de acero no permiten utilizar barras completas, deberá practicarse los empalmes en las zonas donde el material no está sometido a sus esfuerzos máximos.

La longitud de empalme no será menor de 30 diámetros para elementos en tracción y de 20 diámetros para los de compresión.

➤ **MAMPOSTERÍA:**

• **LADRILLOS**

Para la mampostería se han proyectado el uso de ladrillos de arcilla cocida, los mismos que deberán reunir las características de resistencia, durabilidad, ausencia de materiales calcáreos, con buena cocción y de forma y dimensiones estándar.

Se recomienda el uso de ladrillo King Kong en las edificaciones y las que presentan una cocción más elevada en el pozo séptico y tanque de precolación.

• **MORTEROS**

Los morteros para el asentado de ladrillos, se preparan con arena de graduación mediana, libre de sustancias calcáreas y orgánicas, no se usara cal hidráulica en la preparación del mortero para el asentado de ladrillos.

La proporción de la mezcla cemento – arena será 1:4, la cantidad de agua será tal que no permita el escurrimiento de la mezcla al producirse el asentado, y en cantidades tales que serán utilizadas al instante.

La mezcla de cemento – arena, se hará en uso durante el día, debiendo desecharse el material preparado con mayor tiempo, pues la cantidad de humedad contenida en la arena dará lugar al fraguado.

- **ASENTADO**

El asentado de los muros, tanto para soga como de cabeza, serán hiladas sucesivas con amarre tipo alterno, tanto para las hiladas horizontales, como para su colocación entre hiladas.

No deberán asentarse por jornada de 24 horas alturas mayores a 1.50m, debiendo esperarse por lo menos ese lapso de tiempo para continuar con su asentado.

El curado del asentado de muros deberá efectuarse irrigando los elementos por lo menos 5 días hasta lograr un endurecimiento de por lo menos 70% de su resistencia total.

- **TECHÓS**

Los techos para la casa de fuerza serán del tipo A1 agua, dado que la zona está afectada a lluvias de gran intensidad.

Se usarán como acabado de la cobertura, planchas de calamina sobre estructura de madera eucalipto o tornillo con correas de 3” x 4” para todo los elementos apoyados y asegurados debidamente a su vez sobre

vigas de 4" x 8", todas ellas previamente tratadas y secas, con elementos protectores contra el ataque de insectos.

Los empalmes de los elementos estructurales, se efectuarán a media caña y con refuerzos laterales en una longitud no menor de 10 veces el ancho de la escuadra.

➤ **CARPINTERÍA DE MADERA Y METÁLICA**

• **PUERTAS**

Las puertas para la casa de máquinas, serán de plancha y marco de fierro.

Las puertas exteriores serán de 5cm de espesor y las interiores de 3cm de espesor.

• **VENTANAS**

Serán a base de perfiles de acero, constarán de tres paneles en la sala de máquinas, todo los paneles móviles con su eje de giro horizontal.

Se colocarán cadenas de bronce para accionar las ventanas altas.

• **CERRAJERÍA**

Las chapas de las puertas exteriores de la casa de máquinas, serán del tipo Yale o similar de dos golpes. En las puertas interiores se colocarán chapas tubulares.

Las bisagras serán del tipo pasador, cada hoja llevara tres bisagras de 4" las puertas exteriores y de 3 ½" las interiores.

- **VIDRIOS**

Todos los vidrios serán transparentes, de clase semidoble, nacional.

➤ **ACABADOS**

- **TARRAJEOS**

El revestimiento de los muros se efectuará con mezcla 1:3 (cemento – arena), dicho mortero estará libre de contener sustancias calcáreas y arena gruesa, se aplicara sobre un pañateo previo y con mezcla relativamente secas, se curaran los tartajeos por lo menos durante 5 días mediante el riego con agua para hacer que siempre permanezca húmeda.

Es recomendable la utilización de bruñas en las juntas de los elementos estructurales con la mampostería, tanto horizontalmente, uniones de viga con muros, y verticales, columnas con muros.

- **MAYÓLICA**

En caso de usar este material, deberá sentarse con mezcla rica sobre los muros, dándole separación pareja de 2cm entre piezas y en ambos sentidos, la mezcla deberá cubrir el total del contacto de la losetillas

en el muro, evitándose vacíos. Previamente a su asentado, la mayoría deberá ser humedecida por inmersión en agua por lo menos durante 4 horas. Una vez fraguado el asentado de la mayólica, se sellaran las juntas con el uso de cemento blanco o porcelana dándole un acabado parejo y uniforme.

- **PISOS**

Salvo en aquellas zonas que se encuentran con losa armada, se deberá preparar debidamente la base del piso regándola y compactándola con pisón. El falso piso será colocado en la casa de maquinas y será de $e = 10\text{cm}$ (4") de concreto 1:2; será nivelado a regla y de acabado superficial rugoso.

- **PINTURAS**

Serán aplicadas sobre la superficie previamente lijadas e imprimadas; se aplicarán dos capas de pintura de la misma mezcla al color establecido, luego de estas se efectuaran los resanes con masilla apropiada para luego darle la capa final.

En los elementos metálicos se aplicarán una capa de pintura anticorrosiva para luego aplicar la pintura de acabado.

➤ **VEREDAS Y ALREDEDORES**

Se refiere a los trabajos de acabado en los exteriores de la casa de fuerza.

• **VEREDAS**

Se construirán en lugares indicados en los planos, en el perímetro y acceso a la casa de máquinas. Consistirá en una losa de concreto de $f'c = 140 \text{ Kg/cm}^2$. La superficie externa de las veredas será acabada hasta lograr un acabado uniforme, sin rugosidades ni asperezas; las superficies serán bruñadas formando cuadros.

• **ALREDEDORES**

Toda la superficie exterior alrededor de la central y adyacentes a la vereda, será tratada con un empedrado de 15cm asentado con mortero 1:4, con una pendiente hacia las canaletas previstas de 1%.

• **CANALETAS**

Se construirán canaletas de drenaje adyacentes a la zona empedrada, tendrá forma trapecial y una pendiente de 1% para conducir las aguas provenientes de las lluvias hacia el río y/o quebradas.

➤ **JUNTAS, SELLOS Y RELLENOS DE JUNTAS**

• **JUNTAS DE CONSTRUCCIÓN**

Toda superficie resultante de una interrupción en el vaciado, suficientemente demora para que el concreto este ya endurecido que no permita la entrada de varillas o vibrador, constituye la JUNTA DE CONSTRUCCIÓN.

En el curso del vaciado, se tomarán las medidas necesarias para que la superficie de la junta de construcción resulte llena lo más posible.

Inmediatamente antes del vaciado, se ejecutará una limpieza.

• **JUNTAS DE DILATACIÓN O DE CONTRACCIÓN**

Constituye una junta de dilatación o contracción, todas las juntas que tienen el objeto de permitir eventuales desplazamientos de una estructura de concreto respecto a una contigua, debido a dilataciones, retiro de vaciados o diferencias en el asentamiento de fundación.

Las juntas de dilatación o de contracción, podrán ser del tipo de superficie llanas o lisas o bien el tipo de encaje para asegurar la colocación de las estructuras o los refuerzos.

Las dos superficies opuestas que componen las juntas, tienen que ser completamente separadas.

El vaciado de la segunda superficie se ejecutará solo cuando el vaciado de la primera haya completado su endurecimiento, aplicando sobre la primera superficie una mano de pintura bituminosa u otro producto similar aprobado..

CAPÍTULO V

ANÁLISIS ECONÓMICO

5.1 PRESUPUESTO

El resumen de los costos es el siguiente:

Tabla 5.1: Resumen económico del proyecto

Fase		Coste Inversión (S./)	
0	Análisis previos	10,000.00	
1	Captación de terreno	50,000.00	
3	Promoción	Proyectos	20,000.00
		Estudio medioambiental	10,000.00
		Otros estudios	5,000.00
		Seguimiento y gestiones de promoción	5,000.00
4	Licencias de obras	5,000.00	
5	Construcción	Obras provisionales	450.00
		Cámara de carga - desarenador	5,896.39
		Conducto forzado	169,842.89
		Sustentación conducto Forzado	43,152.14
		Casa de Fuerza	41,243.79
		Equipo electromecánico	133,990.00
6	Flete	16,716.36	
Total Costo Directo		516,291.57	
Gastos Generales y Adm 10% CD		51,629.57	
Utilidad 5% CD		25,814.57	
Costo Total		593,735.31	

Aproximadamente US (\$) 180,000.00

Con este valor calculamos el costo unitario

$$\text{costo_unitario} = \frac{\text{US}(\$)180,000.00}{120kW}$$

Costo unitario es 1500 US (\$)/kW

Valor aceptado para la potencia que poseerá la Central

5.2 INDICADORES ECONÓMICOS

Tabla 5.2: Valores económicos del proyecto

Inversión en el proyecto US (\$)	\$180,000.00			
Pot (kW)	120			
FC	0.80			
Horas al año	8760		Costo del kwh	US (\$)
Energía al año (kWh)	840960	x	0.051	\$42,888.96
Energía al año (MWh)	840.96	Egresos	10.00%	-\$18,000.00
			Neto anuales	\$24,888.96

Tabla 5.3 Inversión del Proyecto

INVERSIÓN	US (\$)
Central Hidroeléctrica 120 kW	\$180,000.00
TOTAL (US\$)	\$180,000.00

Tabla 5.4 Egresos totales anuales en Operación, Mantenimiento, Intereses

AHORROS	US (\$)
Gastos en 10.00 % (Inversión)	\$18,000.00
Total	\$18,000.00

**Tabla 5.5 Flujo de Caja de 20 años,
tiempo de vida del proyecto**

Desembolso	-\$180,000.00
Ingreso Año 1	\$24,888.96
Ingreso Año 2	\$24,888.96
Ingreso Año 3	\$24,888.96
Ingreso Año 4	\$24,888.96
...	...
Ingreso Año 20	\$24,888.96

5.2.1 Valor Actual Neto (VAN)

Con el flujo de caja de la tabla 5.5, tomamos un 12% de tasa de descuento, para analizar el proyecto, y procedemos a obtener el VAN (Valores en miles de dólares)

$$VAN(12\%) = -180,000.00 + \frac{24,888.96}{1.12} + \frac{24,888.96}{1.12^2} + \frac{24,888.96}{1.12^3} + \dots + \frac{24,888.96}{1.12^{20}}$$

$$VAN (12\%) (US\$) = \$5,906.68$$

De este análisis, obtenemos nuestro primer indicador dentro del rango de aceptación para proyectos de inversión, es importante la parte técnica, como la parte económica, no obstante el uso del indicador TIR (Tasa Interna de Retorno), es propicia para hacer la comparación de nuestro proyecto con otros similares.

5.2.2 Cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR)

Con el flujo de caja de la tabla 5.7, procedemos a obtener la TIR.

$$0 = -180,000.00 + \frac{24,888.96}{(1+i)} + \frac{24,888.96}{(1+i)^2} + \frac{24,888.96}{(1+i)^3} + \dots + \frac{24,888.96}{(1+i)^{20}}$$

$$i = 12.56\%$$

La solución de esta ecuación, es sencilla para ella se puede hacer uso de iteraciones, métodos numéricos, etc.

CAPÍTULO VI

IMPACTO AMBIENTAL DEL PROYECTO

6.1 CARACTERÍSTICAS DEL IMPACTO AMBIENTAL RESPECTO A FUTURAS LOCALIDADES

6.1.1 Efectos directos en los Hogares

a) El patrón del empleo de la electricidad

En los hogares, la iluminación y el empleo de los artefactos electrodomésticos son los principales usos que se darán a la electricidad, en especial el primero.

El empleo de artefactos eléctricos está evidentemente influido por el nivel de ingresos. Las familias pobres poseen por lo general solamente radio, muy eventualmente equipos de sonido. Las familias con mejores ingresos tienen también licuadoras, planchas, televisores y refrigeradoras.

b) El costo de la electrificación para los hogares

La electrificación significará para las familias incurrir en tres tipos de gastos:

- El que efectuará en forma de aportaciones (en dinero y/o especies) para los trámites y acciones previos a la instalación de Red Secundaria y para la Conexión Domiciliaria misma.
- Lo que demandará la instalación domiciliaria al interior de cada domicilio (después del medidor).
- El pago de las tarifas mensuales.

c) Ahorros en relación con el gasto anterior de energía

El ahorro que puedan obtener las familias con la dotación de electricidad en sus hogares, es básicamente del ahorro en los gastos de iluminación. Existe un ahorro neto en el gasto de energía para la iluminación, a parte de la mejora en la calidad de la luz y un ahorro en el costo de la Energía Eléctrica.

6.1.2 Efectos indirectos en los hogares

Las actividades cotidianas

El cambio en el estilo de vida, permitirá que con la electricidad luego de sus labores cotidianas aproximadamente a las 6 p.m., realicen algunas actividades como ver el noticiero en TV y los hijos realicen sus deberes escolares, asimismo las mujeres podrán realizar actividades como coser, hilar, tejer etc., que difícilmente podían realizar bajo la luz de las lámparas a kerosene o velas.

En la percepción de los usuarios, no existe impacto negativo alguno originado por la electrificación.

Efectos en los centros poblados

1. Como tendencia general, se está observando una mejora paulatina en los servicios públicos de los centros poblados que cuentan con energía eléctrica. Se llevan a cabo proyectos de instalación de agua potable y desagüe, asimismo se pone en funcionamiento bibliotecas municipales y postas médicas.
2. El valor del suelo - Hay informes de una tendencia de elevación de los precios del suelo, luego de la electrificación masiva, asimismo de un incremento de los alquileres de las casas o habitaciones, sí bien el arrendamiento no está muy extendido en el área rural.
3. Los flujos de poblaciones - Se sabe que la electrificación permitirá los flujos de poblaciones, tales movimientos se dan a partir de la apertura de establecimientos que demanden mano de obra, o a partir del retorno de emigrantes deseosos de abrir un negocio, o simplemente residir en su lugar natal.

4. La configuración urbana - El hecho de que la dotación de electricidad no pudieran llevarse a cabo más allá del casco urbano, indujo a algunos pobladores a construir su vivienda, más cercana a las zonas consolidadas, generalmente cerca de las redes secundarias, ello ha conducido a una relativa concentración del grupo de inmuebles. Para las localidades, la electrificación contribuirá, sobre todo debido al alumbrado público, a reforzar su carácter urbano, acentuado por la concentración de servicios en la zona "central" de las localidades, y que ahora pueden funcionar también durante la noche.

6.1.3 Otros Impactos

Además de los aspectos mencionados anteriormente, la Interconexión como la creación de la Central tiene otros impactos cuya cuantificación y evaluación resulta más complicada, pues supone procesos de largo alcance (ejemplo: Los cambios en el ámbito ecológico del área, cambios en los patrones culturales o bien apreciaciones de carácter valorativo y de orden estético). Salvo en lo que corresponde directamente a la instalación (en su aspecto arquitectónico) se puede asegurar que habrá mejoras en los aspectos señalados.

6.2 EMPLEOS PRODUCTIVOS DE LA ELECTRICIDAD

6.2.1 Impactos inmediatos y tendencias con la creación de la C.H.

En los datos estudiados por el costo - beneficio de la generación de la energía eléctrica muestra evidencias claras que mediante la generación por recurso Hídrico y la Interconexión al SEIRSM de este producto, se podrá contar con mayor energía a menor costo para poder suministrar a poblaciones que requieran del suministro, poblaciones que podrán realizar sus quehaceres domésticos de horario diurno a nocturno gracias a la energía eléctrica.

Solo en los sectores de más desarrollo tales como fundos ganaderos o fundos de fincas de café y maíz, los mismos productores asociados en forma privada, pueden realizar inversiones para la instalación de pequeñas plantas agroindustriales con la llegada de la electricidad siempre a menor costo, haciendo posible que efectúen procesos productivos que den valor agregado a los productos de la zona dentro del área de influencia del Proyecto.

6.2.2 Factores limitantes de uso productivo de la electricidad

a) Aspectos técnicos y de costos

A pesar de la importancia de los usos productivos de la electricidad y sus consecuentes beneficios, se debe pensar que la electrificación

no solo está destinada para uso residencial por el contrario se debe proyectar a que se comporte como fuente generadora de empleo sostenible, llámese la creación de pequeños talleres como: carpinterías, molinos, panaderías, etc.

b) Falta de políticas de promoción

Hasta la fecha no se ha dado una política de promoción del consumo eléctrico y menos aún de los empleos productivos y ahorro de energía.

EFFECTOS DE EMISIONES ELECTROMAGNÉTICAS

Cuando las líneas eléctricas transportan corriente a través de los conductores, se producen campos magnéticos que pueden tener efectos en los sistemas biológicos, principalmente los efectos de los campos magnéticos en la salud. Estos campos se presentan como campos estáticos o fluctuantes, estos pasan a través de los edificios, materiales y tierra.

Durante los últimos años algunos artículos dedicados a temas científicos mostraron que la exposición a campos magnéticos podría causar ciertas perturbaciones en el comportamiento celular de las personas, el cual no está comprobado aún.

- **ETAPA DE PRE INVERSIÓN**

Durante la etapa de pre - inversión los costos del impacto ambiental, son nulos ya que no hubo afectación considerable al medio ambiente.

- **ETAPA DE POST INVERSIÓN**

El costo del plan de mitigación ambiental descrito anteriormente, estará considerado dentro de los costos de operación y mantenimiento del proyecto.

MEDIDAS DE ATENUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL

Recomendaciones Generales

- En la etapa de construcción, las empresas constructoras deberán cumplir normas de saneamiento mínimas, como por ejemplo, cuidando que letrinas o pozos sépticos que no contaminen la napa freática y/o cursos superficiales de agua.
- Los rellenos sanitarios y sitios para enterrar los residuos deben emplazarse donde no alteren el paisaje y/o el entorno natural.
- Evitar al máximo el uso de explosivos.
- Medidas de mitigación de los impactos detectados.

Se han identificado y evaluado los impactos significativos al medio ambiente producidos durante la ejecución de obras similares a la

"Central Hidroeléctrica San Martín" y la Línea de Interconexión. De acuerdo a estos resultados las medidas de mitigación que se recomiendan son las siguientes:

a) Medidas de reubicación

Reubicar Trazo de canal de conducción, sala de maquinas, estructuras, etc. que presenten riesgos a los habitantes de los predios y que presenten conflictos con los terrenos ocupados actualmente.

b) Medidas de Mitigación por efectos sobre el ambiente físico.

Principalmente para las zonas comprendidas dentro del proyecto como son: San Agustín, El Diamante y caseríos aledaños al río Naranjos, dentro de la jurisdicción de Distrito de Rioja.

Proteger y reforzar la formación de vegetación en los taludes para evitar deslizamientos de los mismos.

Luego de la excavación para la construcción de la infraestructura Civil y Electromecánica de la Central Hidroeléctrica "San Martín", los taludes quedan en corte o relleno. Las intensas precipitaciones, la acción de la gravedad y el paso de animales provocan la inestabilidad de los taludes, para lo cual durante la etapa ejecutiva

se considerará el tratamiento con reforestación, con árboles de raíces profundas, arbustos, gras o similar.

c) Medidas de Salud Pública

Es necesario que el proyecto lleve a cabo un programa de capacitación acerca de las medidas de seguridad para evitar accidentes por electrocución y lesiones en las obras civiles y electromecánicas a ejecutarse.

d) Medidas de carácter Ambiental y Estético

Los diseños que se utilicen deberán contener componentes afines que permitan estar acordes con el paisaje natural del lugar.

I. PÉRDIDAS TÉCNICAS DE ENERGÍA

Cálculos que se realizarán para reducir a niveles técnicamente aceptables las pérdidas de energía y potencia de la Línea de Transmisión, como también del Canal de Conducción, Tubería de Presión y Sala de Máquina, de acuerdo a los análisis y estudios que serán realizados.

II. PÉRDIDAS NO TÉCNICAS DE ENERGÍA.

Para las actividades de reducción de pérdidas de energía, tanto en la Central como en la Línea de Interconexión, se requiere que la

empresa desarrolle un plan estratégico en tales Áreas con la finalidad de reducir su nivel aceptable, entre estas acciones están:

- 1.- Difusión del mantenimiento del canal de conducción, para la disponibilidad de cantidad de agua necesaria para la producción necesaria de Energía Eléctrica.
- 2.- Elaborar un programa que permita el cambio del concepto de mantenimiento en caliente de las Líneas de Interconexión al Sistema Interconectado.
- 3.- Elaborar un programa de plantación de árboles a bordes del canal para evitar deslizamiento de tierras que puedan bloquear el paso del recurso hídrico.
- 4.- Control de los parámetros y balanceo en la entrega de la energía por subestaciones y tener un control automatizado de toda la casa de máquina.

CONCLUSIONES

1. La ejecución del Proyecto, es factible mediante la utilización de un subsidio por parte del estado, de no existir el subsidio, el proyecto es antieconómico.
2. La tasa de descuento que se utiliza para evaluar proyectos privados es de 22%, ante esto el proyecto es netamente social y tiende a mejorar la calidad de vida del poblador de esta región.
3. A menor escala los costos de inversión, se incrementan para la implementación de esta central.
4. Este proyecto es netamente social, aquí se tendría que usar un modelo que cuantifique los beneficios obtenidos por el proyecto, a esto nos referimos la evaluación de un VAN social y una TIR social.
5. El hecho que no ocurra cambio de signo en el flujo de caja del proyecto, nos da una sola TIR, en caso el flujo de caja tuviese periodos negativos, se procederá a utilizar otro indicador que es la tasa verdadera de interés.

6. Este proyecto requiere de financiamiento externo, para poder ser concretado; de utilizar la depreciación y el escudo fiscal, se vuelve más atractivo el proyecto.

RECOMENDACIONES

1. Aprovechar el recurso hídrico que posee nuestro país, es labor de todos para mejorar la calidad de vida de los que menos tienen.
2. A la electrificación rural es la mejor alternativa social de mejorar la calidad de vida de los pobladores, es por ello, que deben existir más proyectos de esta naturaleza.
3. Se recomienda realizar proyectos con financiamiento externo para hacer más atractivos los proyectos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Proyecto definitivo de la Minicentral Hidroeléctrica Corumas II Moquegua, 750Kw. Autor: LIU YOUSEN, Juan Carlos. Año:1986. TESIS MECÁNICA ELÉCTRICA.
2. Estudio definitivo de Minicentral Hidroeléctrica de Huaytará 160 KW. Autor: CARLOS SALAZAR, Walter Braulio. Año: 1990. TESIS MECÁNICA ELÉCTRICA.
- 3 Proyecto de una Minicentral Hidroeléctrica de 120 KW para la localidad de Quillabamba (Cuzco) con fines agroindustriales. Autor: ARTETA CORRALES, José David. Año: 1991. TESIS MECÁNICA ELÉCTRICA.
4. Estudio definitivo de Línea Troncal para el Pequeño Sistema Eléctrico de Chancayllo 10 KV. PARTE II: Subestación Elevadora para la Minicentral Hidroeléctrica de Yaso 110 W 0.23/10Kv. Autor: LARA CASTILLO, Fernando Dante. Año: 1995. TESIS MECÁNICA ELÉCTRICA.
5. Proyecto definitivo para la construcción de una Minicentral Hidroeléctrica de 600 kW para los poblados de Pariacoto y Pira. Autor: VALDIVIA LAREDO, Carlos Enrique. Año: 1997. TESIS MECÁNICA ELÉCTRICA.
6. Estudio definitivo de la Minicentral Hidroeléctrica Nuevo Seasmé 2x210 kW. Autor: SALAZAR LÓPEZ, Germán. Año: 1998. TESIS MECÁNICA ELÉCTRICA.
7. Instalación de una Minicentral Hidroeléctrica para recuperar la energía del caudal ecológico de la presa de Prada en Oruense, comunidad autónoma de Galicia, España. Autor: SANTILLÁN CERVANTES, Luis Enrique. Año: 1998. TESIS MECÁNICA ELÉCTRICA.
8. Proyecto de la Minicentral Hidroeléctrica Raya de 400 kW. Autor: CALDERÓN ESPINOZA, Daniel. Año: 1999. TESIS MECÁNICA ELÉCTRICA.

9. Análisis Técnico-Económico del Mantenimiento de Turbinas Francis de Central Hidroeléctrica Gino Ionchini con computadora. Autor: MARTÍNEZ SILVA, Luis. Año: 1991.

PÁGINAS WEB

1. www.coes.org.pe
Comité de operación económica del Sistema Interconectado Nacional
2. www.mimem.gob.pe
Ministerio de Energía y Minas
3. www.osinergmin.gob.pe
Organismo Supervisor de la Inversión en Energía y la Minería
4. www.mef.gob.pe
Ministerio de Economía y Finanzas del Perú

OTROS

1. Fontaine, Ernesto R. "Evaluación Social de Proyectos". México: Alfaomega, Santiago: Ediciones Universidad 12° edición. 1999.
2. NRECA International, Ltd. – SETA. "Estrategia Integral de Electrificación Rural". Lima, Perú 1999.
3. PNUD-PERU. Informe sobre el Desarrollo Humano "Aprovechando las Potencialidades". Lima, 2002.
4. Proyecto elaborados por la Municipalidad Provincial del OYON año 2003 y 2004
5. Ministerio de Energía y Minas (MEM). Base de datos de la Dirección Ejecutiva de Proyectos.
6. Ministerio de Economía y Finanzas - Dirección de Programación Multianual. Contenidos Mínimos de los Estudios de Preinversión. Nivel de Perfil.

A N E X O S

HOJA DE METRADOS

Proyecto : SISTEMA DE RIEGO HIDROENERGETICO Y DESARROLLO Fecha :
 AGOPECUARIO SUSTENTABLE EN ATIPAYAN, QUENUAYOC Y OTROS Hecho por :
 Plano : Pag. N° :

Item	Descripción	Cant.	Alto	Ancho	largo	perimetro	Unid.	Total
1.00.00	OBRAS PROVICIONALES							
1.01	cartel de obra						Un.	1.00
2.00.00	CÁMARA DE CARGA							
2.01.00	OBRAS PRELIMINARES							
2.01.01	Limpieza de terreno	1		2.00	12.00		m2	24.00
2.01.02	Trazo y replanteo preliminar	1		2.00	12.00		m2	24.00
2.02.00	MOVIMIENTO DE TIERRA							
2.02.01	Nivelación interior apisonado manual	1		2.00	12.00		m2	24.00
2.02.02	Excavación manual en terreno normal	1	1.65	2.00	12.00		m3	39.60
2.02.03	Eliminación de material excedente	1					m3	47.52
2.03.00	OBRA DE CONCRETO SIMPLE							
2.03.05	Juntas asfálticas						ml	35.84
	Canal de ingreso	1				1.40	ml	1.40
	Canal de salida	1				1.40	ml	1.40
2.03.06	Revestimiento muros interiores						m2	16.52
	Camara de carga	2	1.40		5.90		m2	16.52
2.04.00	COMPUERTAS Y REGILLA							
2.04.01	Compuerta de izaje 1.20 x 1.20 m	1					Und	1.00
2.04.02	Compuerta de izaje 0.40 x 0.40 m	1					Und	1.00
2.04.03	Regilla de 14m/m 1.20 x 1.13	1					Und	1.00
3.00.00	CONDUCTO FORZADO							
3.01.00	OBRAS PRELIMINARES							
3.01.01	Trazo y replanteo preliminar	1		1.00	690.00		m2	690.00
3.02.00	MOVIMIENTO DE TIERRAS							
3.02.01	Excavacion en material suelto						m3	1,260.00
	Del 0+000 al 0+100	1	3.00	1.00	100.00		m3	300.00
	Del 0+100 al 0+300	1	-	1.00	200.00		m3	-
	Del 0+300 al 0+400	1	0.70	1.00	100.00		m3	70.00
	Del 0+400 al 0+600	1	4.00	1.00	200.00		m3	800.00
	Del 0+600 al 0+690	1	1.00	1.00	90.00		m3	90.00
3.02.02	Eliminacion de material normal						m3	1,512.00
3.03.00	CONDUCTO FORZADO							
3.03.01	Tuberia de presion 8" con accesorios						ml	690.00
	Del 0+000 al 0+690	1				690.00	ml	690.00
3.03.02	Juntas de dilatacion cada 30m						ml	23.00
	Del 0+000 al 0+690	1				23.00	ml	23.00
4.00.00	SUSTENTACION DE CONDUCTO FORZADO							
4.01.00	OBRAS PRELIMINARES							
4.01.01	Trazo y replanteo preliminar						m2	119.92
	Apoyo a cada 5 m.	138		0.70	1.20		m2	115.92
	Anclajes	2		1.00	2.00		m2	4.00

HOJA DE METRADOS

Proyecto : SISTEMA DE RIEGO HIDROENERGETICO Y DESARROLLO Fecha :
 AGOPECUARIO SUSTENTABLE EN ATIPAYAN, QUENUAYOC Y OTROS Hecho por :
 Plano : Pag. Nº :

Item	Descripción	Cant.	Alto	Ancho	largo	perimetro	Unid.	Total
	Anclaje	2	1.20	1.00	2.00		m3	4.80
4.02.02	Eliminacion de material excedente						m3	75.31
5.00.00	CASA DE FUERZA							
5.01.00	OBRAS PRELIMINARES							
5.01.01	Trazo y replanteo preliminar	1		7.00	12.50		m2	87.50
5.02.00	MOVIMIENTOS DE TIERRAS							
5.02.01	Excavación masiva en roca fija							
	Plataforma casa de fuerza	1	1.50	7.00	12.50		m3	131.25
5.02.02	Excavación manual de material suelto						m3	30.87
	Cimentacion eje A y B	2	0.80	0.60	12.15		m3	11.66
	Cimentacion eje 1, 3 y 4	3	0.80	0.60	6.75		m3	9.72
	Cimentacion secundario	1	0.50	0.40	7.45		m3	1.49
	Zapatas	8	1.00	1.00	1.00		m3	8.00
5.02.03	Eliminacion de material excedente						m3	194.58
5.05.00	MUROS Y TABIQUES							
5.05.01	Muro de ladrillo KK sogá	1	2.45			5.40	m2	13.23
5.05.02	Muro de ladrillo KK cabeza						m2	140.47
	Muro eje A y B	2	4.10		11.40		m2	93.48
	Muro eje 1	1	4.10		3.60		m2	14.76
	Muro eje 2	1	4.10		3.50		m2	14.35
	Muro eje 3	1	3.25		5.50		m2	17.88
5.06.00	REVOQUES Y ENLUCIDOS							
5.06.01	Tarrajeo y Frotachado en interiores y exteriores						m2	307.39
5.07.00	PISOS Y PAVIMENTOS							
5.07.01	Falso piso de 4" de concreto 1:10						m2	58.58
	Casa de fuerza	1		5.50	7.25		m2	39.88
	Oficina	1		5.50	3.40		m2	18.70
5.07.02	Pisos de cemento pulido E = 1.5 cm						m2	58.58
	Casa de fuerza	1		5.50	7.25		m2	39.88
	Oficina	1		5.50	3.40		m2	18.70
5.07.03	Sardineles de vereda	2					m2	12.00
5.07.04	Vereda de concreto E = 4", pasta 1:5 cm	2		1.00	6.00		m2	12.00
5.07.05	Encofrado de veredas	2	0.30			6.00	m2	3.60
5.08.00	CARPINTERIA METALICA							
5.08.01	Puerta de fierro						m2	10.88
	Puerta P-1	1		2.40	3.25		m2	7.80
	Puerta P-2	1		1.40	2.20		m2	3.08
5.08.02	Ventanas de fierro						m2	14.19
	Ventana V-1	7		0.75	2.15		m2	11.29
	Ventana V-2	1		1.50	1.20		m2	1.80

HOJA DE METRADOS

Proyecto : SISTEMA DE RIEGO HIDROENERGETICO Y DESARROLLO Fecha :
 AGOPECUARIO SUSTENTABLE EN ATIPAYAN, QUENUAYOC Y OTROS Hecho por :
 Plano : Pag. N° :

Item	Descripción	Cant.	Alto	Ancho	largo	perímetro	Unid.	Total
	Ventana V-3	1		0.75	0.40		m2	0.30
	Ventana V-4	1		1.00	0.80		m2	0.80
5.09.00	CARPINTERIA DE MADERA							
5.09.01	Puerta contraplacada						m2	4.40
	Puerta P-2	1		1.20	2.20		m2	2.64
	Puerta P-3	1		0.80	2.20		m2	1.76
5.10.00	CERRAJERIA							
5.10.01	Cerraduras de 3 golpes tipo LGO	1					Und	1.00
5.10.02	Bisagra capuchina	20					Und	20.00
5.10.03	Cerrojos	2					Und	2.00
5.11.00	PINTURAS							
5.11.01	Pinturas latex interiores y exteriores						m2	307.39
5.11.02	Pintura esmalte y anticorrosivo Carpintería metálica						m2	50.14
5.12.00	VIDRIOS							
5.12.01	Vidrio semidoble						p2	156.06
	Ventana V-1	7		0.75	2.15		m2	11.29
	Ventana V-2	1		1.50	1.20		m2	1.80
	Ventana V-3	1		0.75	0.40		m2	0.30
	Ventana V-4	1		1.00	0.80		m2	0.80
5.13.00	COBERTURA							
5.13.01	Viga de madera (4" x 6")	8			7.20		ml	57.60
5.13.02	Correas 2" x 3"						ml	104.00
	Casa de fuerza	8			8.80		ml	70.40
	Oficina	8			4.20		ml	33.60
5.13.03	Cobertura con calamina galvanizada						m2	101.40
	Casa de fuerza	1		7.80	8.80		m2	68.64
	Oficina	1		7.80	4.20		m2	32.76
5.14.00	CANAL DE RESTITUCION							
5.14.01	Excavación masiva en roca fija	1	2.50	1.40	5.90		m3	20.65
5.14.02	Enrocado de paredes y pisos						m3	7.08
	Paredes	2	2.30	0.20	5.90		m3	5.43
	Piso	1	0.20	1.40	5.90		m3	1.65
5.14.03	Concreto F'c =140 Kg/cm2 revestimiento de canal						m3	3.19
	Paredes	2	2.30	0.10	5.70		m3	2.62
	Piso	1	0.10	1.00	5.70		m3	0.57
5.14.04	Concreto losa tapa F'c = 175 Kg/cm2						m3	1.65
		1	0.20	1.40	5.90		m3	1.65
5.14.05	Encofrado y desencofrado muros y losa						m2	27.36
	Muros	2		2.00	5.70		m2	22.80
	Losa tapa	1		0.80	5.70		m2	4.56

HOJA DE METRADOS

Proyecto : SISTEMA DE RIEGO HIDROENERGETICO Y DESARROLLO Fecha :
AGOPECUARIO SUSTENTABLE EN ATIPAYAN, QUENUAYOC Y OTROS Hecho por :
Plano : Pag. N° :

Item	Descripción	Cant.	Alto	Ancho	largo	perimetro	Unid.	Total
6.00.00	EQUIPO ELECTROMECHANICO							
6.01.00	Turbina Pelton 100Kw - 200 HP	1					Unid	1.00
6.02.00	Regulador automatico de flujo de dos inyectores	1					Unid	1.00
6.03.00	Generador de 100 - 150 Kw, auto excitado 1200RPM	1					Unid	1.00
6.04.00	Tablero de control de mando con tarjeta electronica	1					Unid	1.00

METRADO DE CONCRETO

Proyecto : SISTEMA DE RIEGO HIDROENERGETICO Y DESARROLLO Fecha :
 AGOPECUARIO SUSTENTABLE EN ATIPAYAN, QUENUAYOC Y OTROS Hecho por :
 Plano : Pag. Nº :

Item	Descripción	Cant.	Dimensiones			Volumen		Encofrado		
			Ancho	Largo	Alto	Unid.	Total	Perimetro	Unid	Total
	CAMARA DE CARGA									
2.03.00	OBRA DE CONCRETO SIMPLE									
2.03.01	Solado E = 2"	1	2	12		m2	24.00			
2.03.03	Concreto F'c = 140 kg/cm2					m3	9.45		m2	52.15
	Camara de Carga	2	0.15	7.25	1.4	m3	3.05	14.5	m2	40.6
	Sello de la tubería de presión	1	1.5	1.5	2.4	m3	5.40	3.5	m2	8.4
	Aliviadero y canal de descarga	1	0.1	5.4	0.35	m3	0.19	9	m2	3.15
	Piso de cámara de carga	1	1.2	5.5	0.1	m3	0.66			
	Piso de canal de descarga	1	0.35	4.5	0.1	m3	0.16			
2.03.04	Enrocado de paredes y piso					m3	6.11			
	Muros cámara de carga	2	0.15	7.25	1.5	m3	3.26			
	Piso de la cámara de carga	1	1.65	7.25	0.15	m3	1.79			
	Muros canal de descarga	2	0.15	5.4	0.35	m3	0.57			
	piso del canal de descarga	1	0.6	5.4	0.15	m3	0.49			
4.03.00	APOYOS									
4.03.02	Concreto F'c = 140 kg/cm2					m3	75.35		m2	215.28
		138	0.7	1.2	0.65	m3	75.35	2.4	m2	215.28
4.04.00	ANCLAJES					m3	6.40		m3	12.80
4.04.01	Concreto F'c = 140 kg/cm2	2	1	2	1.6	m3	6.40	4	m3	12.80
	CASA DE FUERZA									
5.03.00	OBRAS CONCRETO SIMPLE									
5.03.01	Solado E = 4"	8	1	1		m2	8.00			
5.03.02	Cimiento corrido mezcla 1:10					m3	22.87			
	Cimentación: eje A y B	2	0.6	12.15	0.8	m3	11.66			
	Cimentación: eje 1, 3 y 4	3	0.6	6.75	0.8	m3	9.72			
		1	0.4	7.45	0.5	m3	1.49			
5.03.03	Cimiento 1:8 + 25% P.M sobrecarga					m3	3.3		m2	27.66
	Eje A y B	2	0.25	11.4	0.3	m3	1.71	22.8	m2	13.68
	Eje 1, 3 y 4	3	0.25	6	0.3	m3	1.35	12	m2	10.8
		1	0.15	5.3	0.3	m3	0.24	10.6	m2	3.18
5.04.00	OBRAS CONCRETO ARMADO									
5.04.01	Concreto F'c = 210 Zapatas					m3	5.6		m2	22.4
	Zapatas	8	1	1	0.7	m3	5.6	4	m2	22.4
5.04.03	Concreto F'c = 210 Columnnas						1.92			30.7
	Columnnas principales	6	0.25	0.25	3.9	m3	1.46	1	m2	23.4
	Columnnas secundarias	2	0.25	0.25	3.65	m3	0.46	1	m2	7.3
5.04.05	Concreto F'c = 210 vigas					m3	3.33		m2	26.65
	V-1 (0.25 x 0.25)	2	0.25	7.75	0.25	m3	0.97	0.5	m2	7.75
	V-2 (0.25 x 0.25)	2	0.25	3.9	0.25	m3	0.49	0.5	m2	3.9
	V-3 (0.25 x 0.25)	5	0.25	6	0.25	m3	1.88	0.5	m2	15

METRADO DE FIERRO

Proyecto : SISTEMA DE RIEGO HIDROENERGETICO Y DESARROLLO
 AGOPECUARIO SUSTENTABLE EN ATIPAYAN, QUENUAYOC Y OTROS
 Plano :

Fecha :
 Hecho por :
 Pag. N° :

Item	Concepto	Armadura				1/4"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"	Parcial Kg
		Und.	Cant.	φ"	Long.	0.25	0.56	0.994	1.6	2.24	4.04	
5.04.00	CASA DE FUERZA											
5.04.02	Ac. Zapatas Fy = 4200 Kg/cm ²											
	Refuerzo superior	8	6	1/2	0.9			42.94				42.94
	Refuerzo inferior	8	6	1/2	0.9			42.94				42.94
	Zapatas total											85.88
5.04.05	A. Columnas Fy = 4200 Kg/cm ²											
	C-1 (0.25 x 0.25)	6	4	1/2	5.45			130.02				130.02
	C-1 (0.25 x 0.25) estribos	6	34	1/4	1	51						51.00
	C-2 (0.25 x 0.25)	2	4	1/2	4.6			36.58				36.58
	C-2 (0.25 x 0.25) estribos	2	28	1/4	1	14						14.00
	Columnas total											231.59
5.04.07	Acero Vigas Fy = 4200 Kg/cm ²											
	V-1 (0.25 x 0.25)	2	4	1/2	8.25			65.60				65.60
	V-1 (0.25 x 0.25) acero neg.	2	1	1/2	4			7.95				7.95
	V-1 (0.25 x 0.25) estribos	2	38	1/4	1	19						19.00
	V-2 (0.25 x 0.25)	2	4	1/2	4.4			34.99				34.99
	V-2 (0.25 x 0.25) acero neg.	2	1	1/2	2.6			5.17				5.17
	V-2 (0.25 x 0.25) estribos	2	19	1/4	1	9.5						9.50
	V-3 (0.25 x 0.25)	5	4	1/2	6.5			129.22				129.22
	V-3 (0.25 x 0.25) acero neg.	5	1	1/2	2.6			12.92				12.92
	V-3 (0.25 x 0.25) estribos	5	26	1/4	1	32.5						32.50
	Vigas total											316.86
5.14.00	CANAL DE RESTITUCION											
5.14.06	Acero Fy = 4200 Kg/cm ²											
	Losa techo	1	9	1/2	5.9			52.78				52.78
	Losa techo	1	40	1/2	1.4			55.66				55.66
	Losa techo total											108.45
	TOTAL EN ML.					504		620.50				